

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

«до захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

\_\_\_\_\_ Я.М. Корнієнко

(підпис)

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**з напрямку підготовки: 6.050503 «Машинобудування»**

**за спеціальністю: «Обладнання лісового комплексу»**

**на тему: Модернізація першого пресу картоноробної машини**

**Виконав студент IV курсу, групи ЛБ-41**

Байда Євгеній Андрійович

**Керівник проекту** доцент, канд. техн. наук Семінський О.О

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Консультанти:**

**з охорони праці**

доцент, канд. техн. наук І.М. Ковтун

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**з економіки**

ст. викладач, канд. техн. наук С.В. Гулієнко

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Рецензент**

\_\_\_\_\_ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_ Є.А. Байда

Київ – 2019

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”**  
**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**з напрямку підготовки: 6.050503 «Машинобудування»**

**за спеціальністю: «Обладнання лісового комплексу»**

**на тему: Модернізація першого пресу картоноробної машини**

Київ – 2019

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**  
**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**з напрямку підготовки: 6.050503 «Машинобудування»**

**за спеціальністю: «Обладнання лісового комплексу»**

**на тему: Модернізація першого пресу картоноробної машини**

**Студент**

**Є.А. Байда**

**Керівник дипломного проекту**

**О.О. Семінський**

**Київ – 2019**

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут**

**імені Ігоря Сікорського»**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки: Машинобудування

Спеціальність: Обладнання лісового комплексу

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Я.М. Корнієнко

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

## **ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Байді Євгенію Андрійовичу

**1. Тема проекту:** “Модернізація першого пресу картоноробної машини”  
затверджена наказом № 978-с по університету від 21 березня 2018 р.

**2. Термін здачі** студентом закінченого проекту: \_\_\_\_\_

**3. Вихідні дані до проекту:** Модернізація першого пресу картоноробної машини.  
Швидкість картоноробної машини – 600 м/хв; сировина – картон; маса метра квадратного картону – 175 г/м<sup>2</sup>; обрізна ширина картону 4,2 м.

**4. Перелік питань, які мають бути розроблені:**

а) основна частина: розглянути існуючі конструкції пресових частин, обґрунтувати вибір конструкції апарата; проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції: параметричний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апарату; розрахунок довговічності підшипників; розрахунок сукноправки та сукнонатяжки; виконати складальні кресленики пресової частини та її основних складальних одиниць і

деталей; розробити рекомендації щодо монтажу та експлуатації пресової частини; здійснити оцінку рівня стандартизації та уніфікації розробки.

б) економічна частина: обґрунтувати модернізацію розробленої конструкції та оцінити її ефективність;

в) охорона праці: провести аналіз відповідності апарата до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації апарата.

**5. Перелік графічного (ілюстрованого) матеріалу:** перший прес – А2×4; складальні кресленики: жолобчастий вал – А1; вал гранітний – А2×3; шабер – А3×2; сукноправка автоматична – А3×3.

**6. Консультанти:**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І.М. доцент		
Очікувані техніко - економічні показники застосування установки	Гулієнко С.В. ст. викладач		

**7. Дата видачі завдання:** 5 вересня 2017 р.

## РЕФЕРАТ

УДК 676.026.54

Модернізація першого пресу картоноробної машини: Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Керівник Семінський О.О. Виконав. – Байда Є.А.

Пояснювальна записка складається із вступу, 7 розділів, висновків, переліку посилань із 24 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 113 с. основного тексту, 13 рисунків, 3 таблиць і 3 додатків.

Метою проекту є проектування і модернізація конструкції першого пресу картоноробної машини, призначеної для зневоднення картонного полотна шляхом пресування.

Поставлена задача досягається шляхом дослідження літературних джерел, виконанням розрахунків пресу з жолобчатим валом та основних вузлів і деталей конструкції, розробкою необхідних креслеників. Виконано аналіз результатів, наведено висновки та список використаної літератури.

Розрахунково-пояснювальна записка містить схему першого пресу та його місце в схемі машини.

Графічна частина проекту включає кресленики форматів А1×5 , що містять: складальні кресленики пресу з жолобчатим валом, а також кресленик жолобчатого валу. До складальних креслеників складені специфікації.

ПРЕСОВА ЧАСТИНА, СУШИЛЬНА ЧАСТИНА, КАРТОНОРобНА МАШИНА, ЖОЛОБЧАТИЙ ВАЛ, УЩІЛЬНЕННЯ, КАРТОННЕ ПОЛОТНО, ЗНЕВОДНЕННЯ.

## РЕФЕРАТ

УДК 676.026.54

Модернизация первого пресса картоноделательной машины: Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня «Бакалавр» / КПИ им. Игоря Сикорского; Руководитель Семинский О.О. Выпол. – Байда Е.А.

Пояснительная записка состоит из вступления, 7 разделов, выводов, перечня ссылок из 24 позиций. Общий объем работы составляет 113 страниц основного текста, 13 рисунков, 3 таблиц и 3 dodatka.

Целью проекта есть проектирование и модернизация конструкции первого пресса картоноделательной машины, предназначенной для обезвоживания картонного полотна путём прессования.

Поставленная задача достигается путем исследования литературных источников, исполнением расчетов первого пресса с желобчатым валом, а также основных узлов и деталей конструкции, разработкой необходимых чертежей. Произведен анализ результатов, представлены выводы и список использованной литературы.

Расчетно-объяснительная записка содержит схему желобчатого вала, и его место в схеме.

Графическая часть проекта состоит из чертежей форматов А1×5, что включает в себя: сборочные чертежи пресса с желобчатым валом, а так же сборочные чертежи желобчатого вала. К сборочным чертежам представлены спецификации.

ПРЕССОВАЯ ЧАСТЬ. СУШИЛЬНАЯ ЧАСТЬ. КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНАЯ МАШИНА. ЖЕЛОБЧАТЫЙ ВАЛ. УПЛОТНЕНИЯ. КАРТОННОЕ ПОЛОТНО. ОБЕЗВОЖИВАНИЕ.

## ZUSAMMENFASSUNG

UDC 676.026.54

Modernisierung der ersten Presse der Kartonmaschine: Diplom-Projekt der Bildungs- und Qualifizierungsstufe "Bachelor" / KPI sie. Igor Sikorsky; Leiter Seminsky O.O. Erfüllt. - Bayda E.A.

Erläuterung besteht aus Eintrag, 7 Abschnitte, Schlussfolgerungen, Liste der Referenzen von 24 Positionen. Das Gesamtvolumen der Arbeit beträgt 113 Seiten des Haupttextes, 13 Figuren, 3 Tabellen und 3 Dodatka.

Ziel des Projekts ist die Planung und Modernisierung der ersten Presse einer Kartonmaschine zur Entwässerung von Kartonagen durch Pressen.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Recherche von Literaturquellen, die Berechnung der ersten Presse mit einer genuteten Welle, sowie die Hauptkomponenten und Details der Konstruktion und die Entwicklung der notwendigen Zeichnungen. Die Analyse der Ergebnisse erfolgt, Schlussfolgerungen und die Liste der verwendeten Literatur werden vorgestellt.

Die erklärende Erläuterung zur Berechnung enthält das Schema der geriffelten Welle und ihren Platz in der Schaltung.

Der grafische Teil des Projekts besteht aus Zeichnungen von A1 × 5 Formaten, darunter: Montagezeichnungen einer Presse mit einer genuteten Welle, sowie Zusammenbauzeichnungen einer genuteten Welle. Die Spezifikationen werden den Zusammenstellungszeichnungen präsentiert.

TEIL DRUKER. TROCKENES STÜCK. KARTONMASCHINE. GRUNE WELLE. DICHTUNGEN. KARTON BLAAT. DÄMPFEN.



## Зміст

Вступ	12
1.1 Опис технологічного процесу	14
1.2 Вибір типу пресу та його місце в технологічній схемі	16
2. Технічна характеристика	20
3. Опис та обґрунтування пресової частини КРМ	21
3.1 Опис конструкції	21
3.2 Вибір та обґрунтування матеріалів оснащення першого пресу	22
3.3 Порівняння основних показників розроблюваної конструкції з аналогами	23
4. Охорона праці	31
4.1 Небезпека ураження електричним струмом	32
4.2 Віброзахист	33
4.3 Виробничий шум	35
4.4 Виробниче освітлення	36
4.5 Пожежна безпека	37
4.6 Небезпека впливу частин обладнання, які рухаються й обертаються	38
5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції	39
5.1 Баланс води і волокна	39
5.2 Розрахунок зусиль притискання	41
5.3.1 Розрахунок вала гранітного на жорсткість та міцність	43
5.3.2 Розрахунок вала гранітного на критичну частоту обертання	47
5.4 Розрахунок вала жолобчастого	50
5.4.2 Розрахунок жорсткості корпусу вала	51
5.4.3 Розрахунок корпусу вала жолобчастого на міцність	52
5.4.4 Визначення довговічності підшипників	56
5.5 Розрахунок механізму сукноправки	57
5.7 Розрахунок потужності привода	59
6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації першого пресу	63
6.1 Монтажні роботи	63

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2 Підготовка до пуску пресової частини КРМ	64
6.3 Пуск і робота пресової частини	64
6.4 Зупинка пресової частини	65
6.5 Ремонтні роботи	65
6.6 Загальні ремонтні роботи для КРМ і пресової частини	66
6.2 Підготовка до пуску пресової частини КРМ	66
6.3 Пуск і робота пресової частини	67
6.4 Зупинка пресової частини	67
6.5 Ремонтні роботи	68
6.6 Загальні ремонтні роботи для КРМ і пресової частини	68
7 Обґрунтування доцільності модернізації	69
Висновок	75
Вывод	76
Fazit	77
Перелік посилань	78
Додаток А Документація до патентного дослідження	81
Додаток Б Патенти, які використані в патентному дослідженні	85
Додаток В Публікації автора	103

## Вступ

Збільшення обсягів виробництва картону і необхідність підвищення його якості ставлять перед працівниками целюлозно-паперової промисловості задачі в області технічного прогресу, засобами якого є заміна основної частини устаткування новим, конструкція та технологічні параметри якого знаходяться на рівні кращих світових зразків.

Якість картону і продуктивність картоноробних машин багато в чому залежить від ефективності та інтенсивності зневоднення картоного полотна з отриманням заданих фізико-механічних властивостей, забезпечення рівномірної вологості полотна по ширині, безобривної проводки полотна з мінімальними ділянками вільного пробігу. Оскільки реалізація зазначених процесів здійснюється на пресовій частині, актуальними задачами буде аналіз та модернізація зазначеної частини.

Оскільки зневоднення картоного полотна пресуванням у 10...15 разів дешевше, ніж зневоднювання сушінням, то велику увагу потрібно приділити вдосконаленню конструкції пресів з метою одержання після них сухості полотна, близької до теоретично можливої і досягнутої методом стискання[1].

Метою дипломного проекту є підвищення продуктивності картоноробної машини та збільшення кінцевої сухості паперового полотна на пресах шляхом вдосконалення конструкції першого пресу пресової частини.

Завдання на дипломний проект видане 5 вересня 2017 року і уточнене під час проходження переддипломної практики на кафедрі МАХНВ 5 березня 2018 року.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1. Призначення та область застосування першого пресу картоноробної машини

У технологічному процесі картонного виробництва формування полотна відбувається на картоноробних машинах. Одним з найважливіших агрегатів картоноробної машини (КРМ) є пресова частина, адже саме тут забезпечується більшість як фізико-механічних показників кінцевого продукту, так і економічних показників всього виробництва. Перший преспризначений для первинного зневоднення вологого картонного полотна. Паперове полотно, сформоване в сітковій частині, автоматично вакуумперевсмоктуючим пристроєм передається на сукно пресової частини. Сучасні конструкції комбінованих багатовальних пресів забезпечують проходження паперу без ділянок вільного пробігу (ділянок, де полотно паперу не підтримується сукном), що дозволяє здійснити безперервне проходження паперу в пресовій частині. Перший прес забезпечує безперервне первинне зневоднення картонного полотна перед наступними пресами, рівномірну вологість полотна по ширині та безобривне проведення полотна з мінімальними ділянками вільного пробігу.

Основними задачами дипломного проекту є збільшення сухості картону на виході з захвату першого пресу та покращення їх фізико-механічних властивостей.

Пресування здійснюється на пресах безперервної дії.

В процесі пресування здійснюється значний вплив на властивості картону:

- збільшується об'ємна густина;
- зменшується пористість;
- збільшується механічна міцність розриву, зламу і продавленню;
- збільшується гладкість.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

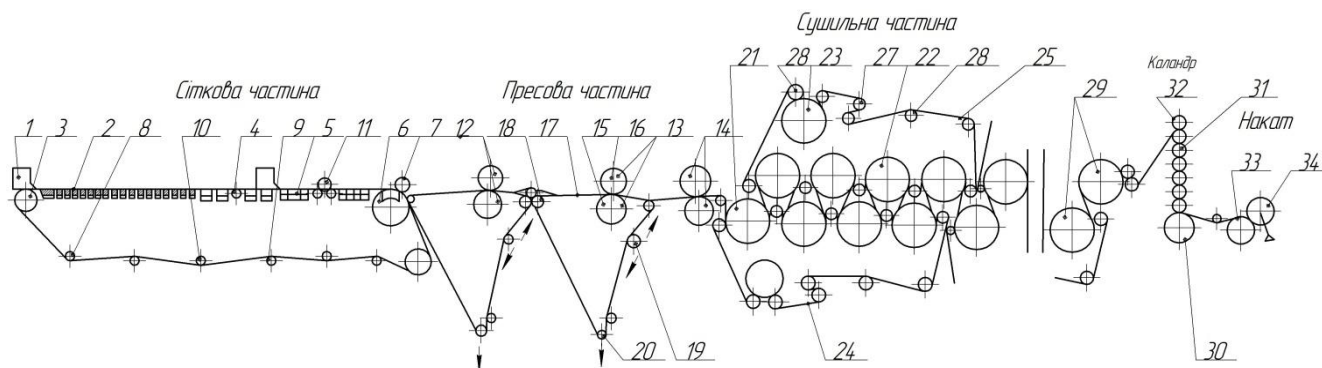
Перший прес, як і вся пресова частина, відіграє значну роль в економії енергії. Збільшення сухості картонного полотна після пресової частини на 1 % дозволяє зекономити 5 % пари на сушильній частині картоноробної машини. Тому, на сьогоднішній день, велику увагу приділяють модернізації конструкції пресів з метою одержання після них максимальної сухості полотна, близької до теоретично можливої.

Пресування картонного полотна здійснюється на м'якій фільтруючій підкладці – пресовому сукні.

Для досягнення максимально можливої кінцевої сухості картонного полотна механічним шляхом, після першого пресу встановлюють ще декілька пресів.

### 1.1 Опис технологічного процесу

Технологічна схема КРМ для виготовлення картону показана на рис. 1.1.



1 – напірний ящик; 2 – сітка; 3 – грудний вал; 4 – реєстровий валик;  
 5 – відсмоктуючий ящик; 6 – нижній вал гауча; 7 – притискний вал над гаучем; 8 – сітководучий валик; 9 – натяжний валик; 10 – правильний валик  
 11 – вирівнювач; 12 – перший жолобчастий прес; 13 – другий відсмоктуючий прес; 14 – згладжувальний прес; 15 – нижній вал пресу; 16 – верхній вал пресу; 17 – сукно; 18 – сукноведучий валик; 19 – натяжний валик; 20 – правильний валик; 21 – нижній сушильний циліндр; 22 – верхній сушильний

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

циліндр;23 – сукносушительний циліндр; 24 – сукно нижнього ярусу; 25 – сукно верхнього ярусу; 26 – сукноведучий валик; 27 – натяжний валик; 28 – правильний валик;29 – холодильний циліндр; 30 – нижній вал каландра; 31 – середній вал каландра; 32 – верхній вал каландра; 33 – циліндр намоту; 34 – намотуваний рулон картону.

Рисунок 1.1 – Схема картоноробної машини

В залежності від того, який проводиться технологічний процес, картоноробна машина поділяється на частини: формуючу, пресову, сушильну та оздоблювальну.

Формуюча частина складається з напірного ящика та сіткової частини. З напірного ящика паперова маса безперервно та рівномірно подається на сітковий стіл, де відбувається формування паперового полотна та його часткове зневоднення. Після формуючої частини вологе неміцне картонне полотно, за допомогою перессмоктуючого пристрою переводиться на пресову частину. В залежності від її типу і параметрів роботи, має сухість від 8 до 25% [1].

Пресова частина картоноробної машини повинна працювати таким чином, щоб на ній відбувалося рівномірне і максимально припустиме для визначеного виду картону видалення води. Для цього вона складається з системи валкових пресів, що утворюють захвати, у яких відбувається відтиснення і відведення води з картонного полотна.

Сушильна частина призначена для кінцевого зневоднення картонного полотна до заданої сухості, шляхом випаровування вологи з пор картону. Сушильні циліндри, розміщені в шаховому порядку в 2 яруси, формують сушильну частину. Кількість циліндрів залежить від виду картону що виготовляється та швидкості машини.

Оздоблювальна частина складається з каландру та намоту. Каландр призначений для підвищення лоску та гладкості. Каландр складається з 3-8

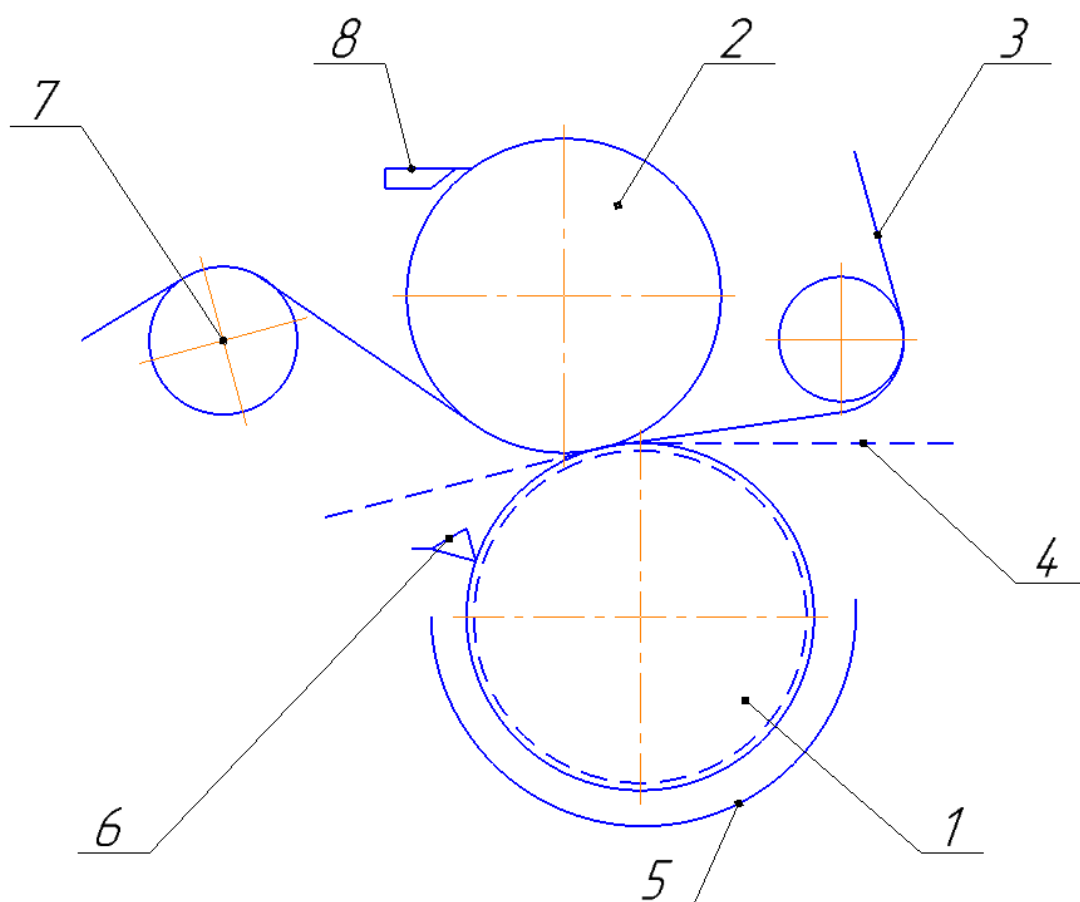
					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

валів, в залежності від виду виготовленого, які розміщені горизонтально. Лінійний тиск між валами регулює механізм виважування валів.

З каландру картон потрапляє на накат, де намотується в рулони і транспортується на подальше виробництво.

## 1.2 Вибір типу пресу та його місце в технологічній схемі

Технологічна схема першого пресу пресової частини картоноробної машини показано на рисунку 1.2.



- 1 – вал гранітний; 2 – вал жолобчастий; 3 – сукно;  
 4 – картонне полотно; 5 – корито; 6 – шабер;  
 7 – сукноведучий вал; 8 – шабер верхнього валу.

Рисунок 1.2 – технологічна схема першого пресу картоноробної машини

В якості першого пресу пресової частини КРМ використовується двовальний прес. Для конструкції даного пресу обрали верхній гранітний та нижній жолобчастий вали. Жолобчасті вали працюють при підвищеному лінійному тиску і мають більш тверде покриття ніж звичайні і відсмоктуючі вали. Їх перевага в тому, що вони прості в конструкції, надійні в роботі, забезпечують більшу сухість картону та його міцність, зменшують витрати на експлуатацію[1].

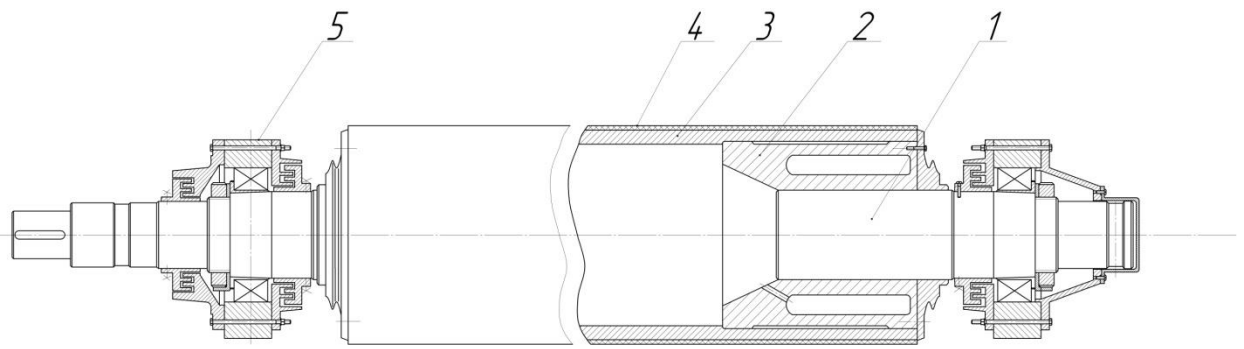
За рахунок притискання валів проходить зневоднення картонного полотна. Вода, що зібралася в жолобках нижнього вала, видаляється з них під дією відцентрових сил. Ступінь зневоднення в даному випадку залежить від лінійного тиску між валами преса та від часу пресування. Чим довше картон знаходитиметься у захваті між валами преса та чим менший шлях вільного пробігу полотна, тим ефективніше проходитиме процес зневоднення.

На кожному пресі є вовняне сукно, яке запобігає роздавлюванню полотна, та передає полотно на інший прес. Сукно має натяжний валик, так як під час роботи сукно подовжується, сукномийку для очищення забруднення сукна, а також сукноправку для запобігання зміщення сукна перпендикулярно ходу машини.

Жолобчастий вал (рисунок 1.3) складається з цапф 1 запресованих в патрони 2. На сердечник нанесене гумове покриття з прямокутними жолобками 3, з обох боків закріплені кришки, вал знаходиться на підшипникових вузлах 5. Жолобки прямокутної форми нарізуються по спіралі.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





1 – цапфа, 2 – патрон, 3 – сорочка, 4 – гумове покриття з жолобками,  
5 – вузол підшипниковий

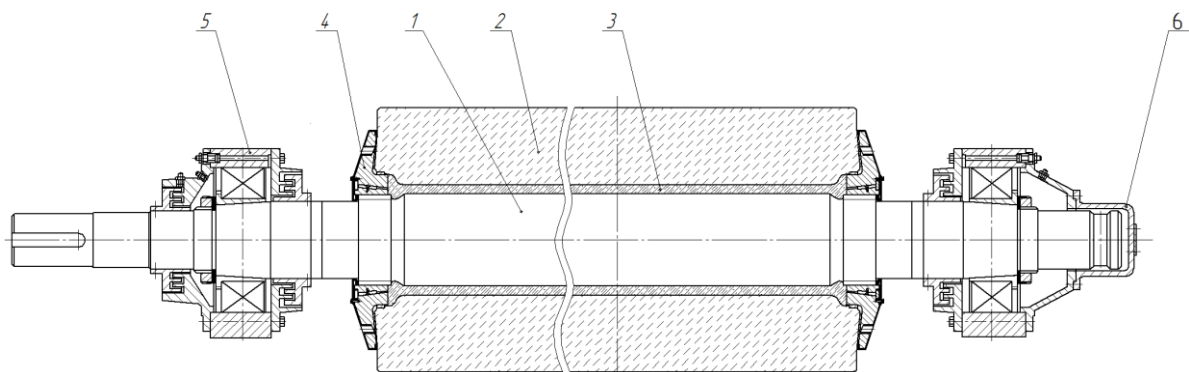
Рисунок 1.3 - Вал жолобчастий

Жолобчастий вал застосовується на пресах з поперечною фільтрацією води [1]. Такі працюють при підвищеному лінійному тиску (100...120 кН/м) та мають більш тверде покриття, ніж звичайні та відсмоктуючі преси. Основна перевага цих пресів у тому, що вони відносно прості за конструкцією, надійні в роботі, забезпечують підвищення сухості полотна та його міцності, знижують експлуатаційні витрати.

Також жолобчастий вал можна застосовувати у тих випадках, коли необхідно забезпечити рівномірну вологість паперу по ширині, збільшити сухість паперу, знизити експлуатаційні витрати [2].

На КРМ преси з жолобчастим валом застосовуються у якості як попередніх, так і основних пресів. У цьому випадку в його конструкції треба передбачити ефективне очищення валу [2].

В якості верхнього валу пресу вибрано гранітний вал. Зі збільшенням швидкості ефективність зневоднення паперу на пресі з гранітним валом в порівнянні зі звичайним пресом збільшується [3]. Такі преси працюють найбільш ефективно при середньому питомому тиску не менше 60 кН/м та швидкості машини більше 150 м/хв.



1 – вал, 2 – гранітна сорочка, 3 – бетон, 4 – кришка, 5 – вузол підшипниковий, 6 – кришка вала

Рисунок 1.4 - Вал гранітний

Щільні сукна не залишають маркування на папері та збільшують його сухість у порівнянні зі звичайним пресом на 2...3 % [3].

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. Технічна характеристика

Технічну характеристику першого пресу КРМ представлено у таблиці 2.1.

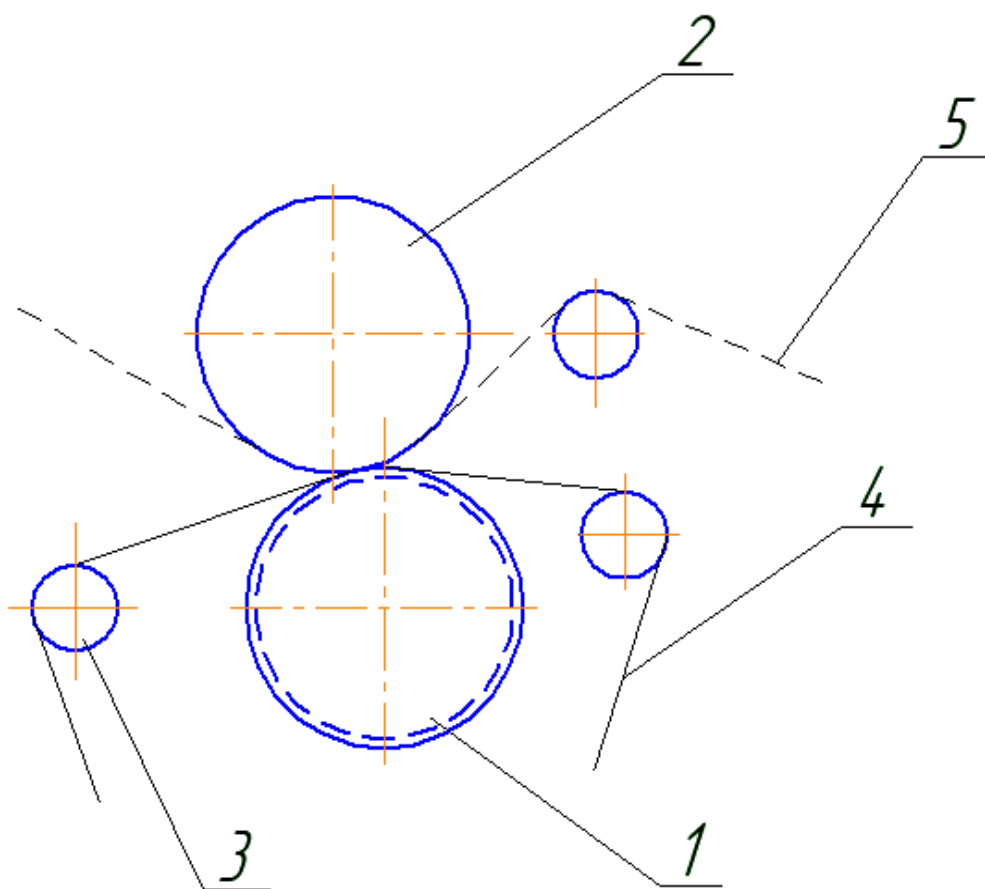
Таблиця 2.1 – Технічна характеристика

Робоча швидкість, $V$	м/с(м/хв)	10(600)
Лінійний тиск у захваті між валами пресу, $q$	кН/м	75
Обрізна ширина паперу на накаті, $B$	М	4,2
Ширина робочої частини, $K$	М	4,6
Маса 1 м <sup>2</sup> картону, $g$	г/м <sup>2</sup>	175
Діаметр валу жолобчастого, $D$	М	0,765
Діаметр валу без врахування гумового облицювання, $D_1$	м	0,725
Діаметр цапф, $d$	М	0,230
Внутрішній діаметр валу, $D_v$	М	0,565

### 3. Опис та обґрунтування пресової частини КРМ

#### 3.1 Опис конструкції

Прес з жолобчастим валом (рисунок 3.1) має найефективнішу і найпростішу конструкцію з усіх пресів з поперечною фільтрацією. Щоб пом'якшити умови пресування картону і створити більш сприятливі умови для вилучення відтиснутої води, зміщено верхній вал пресу по відношенню до нижнього на зустріч руху картону на 50-120 мм.



1 – вал жолобчастий; 2 – вал гранітний; 3 – вал сукноведучий; 4 – сукно; 5 – паперове полотно.

Рисунок 3.1 - Прес жолобчастий

Основними елементами преса жолобчастого є:

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- нижній вал – жолобчастий (рисунок 1.3);
- верхній вал – гранітний, у який запресовані сталльні цапфи (рисунок 1.4).

Зазвичай жолобчастий вал – гумований. Жолобки прямокутної форми, що нарізані по спіралі. Їх глибина 2,5 мм, ширина 0,5 мм. Крок між жолобками 2,5 мм [2].

Корпус жолобчастого валу відливається з чавуну. Зовнішня поверхня відлитого валу оброблюється, після чого на неї наноситься гумове покриття. У вал запресовані цапфи. Бомбирування валу проводиться з урахуванням прогину від дії зусиль, що обумовлені притисканням до нього верхнього валу. Усі вали пресів підлягають динамічному балансуванню.

Велике значення для працездатності пресів має обробка поверхні валів. Для зняття плівки води з поверхні жолобчастого вала і для видалення води із жолобків при середній швидкості машини встановлюють пластину і шабер, а при швидкості більше 500 м/хв – тільки звичайний шабер, оскільки вода із жолобків добре видаляється відцентровими силами. Основні вимоги, які пред'являють до шаберів, полягають у забезпеченні рівномірності притискання леза до поверхні валу при заданому лінійному тиску та обмеженому зношуванні поверхні валу. Лезо шаберу також повинно бути достатньо зносостійким.

Очищають жолобки від ворсу сукна, дрібного волокна і наповнювача з допомогою сприску при тиску води 0,6 МПа, встановленого тангенціально до поверхні валу. Сприски включають в роботу періодично.

### 3.2 Вибір та обґрунтування матеріалів оснащення першого пресу

Рубашка жолобчастого валу виконана з сірого чавуну СЧ-18 ГОСТ 1412-85, оскільки чавун при своїй невисокій вартості відповідає умовам міцності і жорсткості валів.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кришки пресових валів та цапфи виготовлені зі сталі 45 ГОСТ 8732-78, тому що саме ця сталь при своїй меншій питомій масі, ніж високовуглецеві сталі, забезпечує оптимальну збалансованість міцності.

Ножі шаберів приводного та проміжних валів виготовлені з прокатної фосфористої бронзи БрСу6Ф1 ГОСТ 493-79, оскільки ножі шаберів, виготовлені з бронзи, не руйнують вали, а стираються з часом самі, після чого їх замінюють.

### **3.3 Порівняння основних показників розроблюваної конструкції з аналогами**

За аналог розглянемо відсмоктуючий прес [4], який складається з двох валів: нижній відсмоктуючий і верхній гранітний.

До недоліків відсмоктуючого пресу по відношенню до жолобчастого:

- дороговизна виготовлення;
- маркування паперового полотна;
- складність в експлуатації;
- високі енерговитрати.

Заміна відсмоктуючого вала жолобчастим, дозволяє значно зменшити витрати електроенергії внаслідок відсутності необхідності у створенні розрідження для відсмоктування і відведення води з картонного полотна, і одночасно спростити конструкцію і її обслуговування, оскільки зникає потреба у вакуум-насосі і з'єднувальних трубопроводах. Також конструкція вала дозволяє збільшити сухість на виході з преса. Досягається це шляхом незначного збільшення лінійного тиску, що не можливо було зробити з базовим валом. Також за рахунок незначного збільшення швидкості пресування збільшилась продуктивність машини.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 Порівняння основних показників

№	Основні показники	Аналог	Розроблена конструкція
1	Обрізна ширина паперу, мм	4200	4200
2	Швидкість м/хв	580	600
4	Лінійний тиск, кН/м	70	75
5	Вакуум	потрібно	не потрібно
6	Конструкція	складність виготовлення	простота
8	Кількість пресових валів, шт	2	2
9	Підтримка полотна картонного	сукно	сукно

### 3.4 Патентні дослідження

Предмет пошуку – пресова частина картоноробної машини, пресовий вал.

Мета пошуку – визначення патентоспроможності проектованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці.

Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, СРСР, США, Німеччина, Франція, Японія, Швейцарія, Фінляндія.

Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 1997–2017 рр.

Класифікаційні індекси:

- міжнародна патентна класифікація: МПК5, МПК6, МПК7 – D 21 F 3/00, D 21 F 3/08, D 21 F 3/10, D 21 F 3/02, D 21 F 3/04;

- уніфікована десяткова класифікація: УДК 621.9, 621.927.3, 621.928, 621.928.028, 621.928.3, 622.2, 676.1.

Джерела інформації:

- патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України, Роспатенту й Держпатенту СРСР;

- науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу устаткування для підготовки паперової маси.

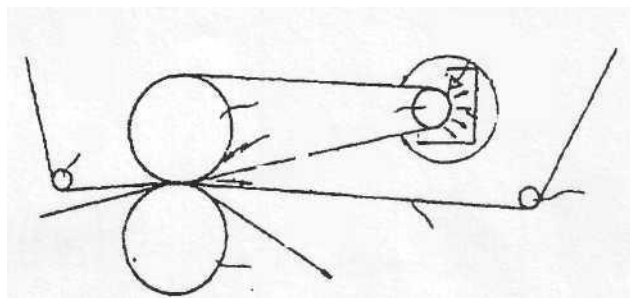
Суттєвими ознаками апарата є: пресові вали; жолобчасті вали; притискні вали; сукнонатяжні, сукноправильні, сукнорозгінні вали.

Для докладного аналізу було обрано патенти [6 - 10].

У патенті [6] представлено пресову частину (рисунок 3.4.2). Метою винаходу є інтенсифікація процесу пресування.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



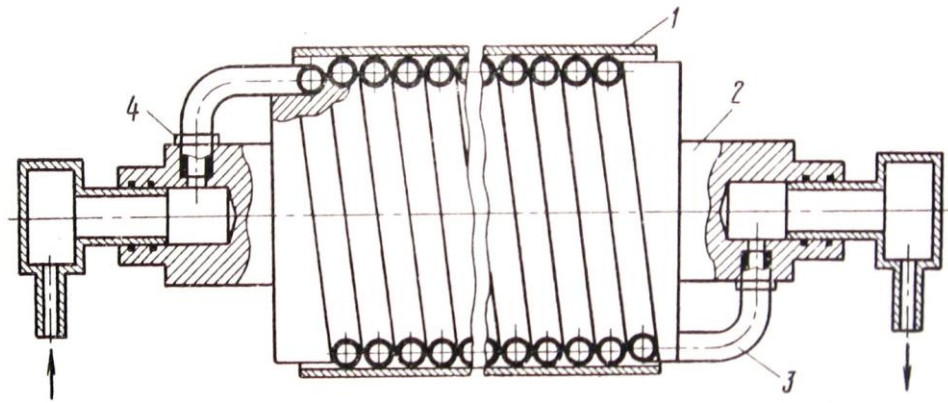


1,2 – притискний вал; 3 – зазор; 4 – пресове сукно; 5 – направляючий ролик;  
6 – сукноведучий вал

Рисунок 3.4 – пресова частина

Пресова частина відрізняється від аналогів тим, що картонне полотно проходить через зазор між притискними валами разом з пресовим сукном та стрічкою, що має заглиблення. Після пресу стрічка відділяється від пресового сукна під невеликим кутом, далі пропускається через центральний вал з таким малим радіусом, що волога викидається з заглибленнях стрічки. Використання пресової частини такої конструкції дозволяє підвищити кінцеву сухість картонного полотна за рахунок збільшення сухості пресового сукна.

Авторами [7] запропоновано пресовий вал (рисунок 3.5). Пресовий вал складається з сорочки 1, сердечника 2 з виконаним на його поверхні жолобом в вигляді гвинтової лінії, в який покладений шланг 3, що має патрубок 4 для з'єднання з джерелом тиску.



1 – сорочка; 2 – сердечник; 3 – шланг; 4 – патрубок.

Рисунок 3.5 – Схема пресового валу

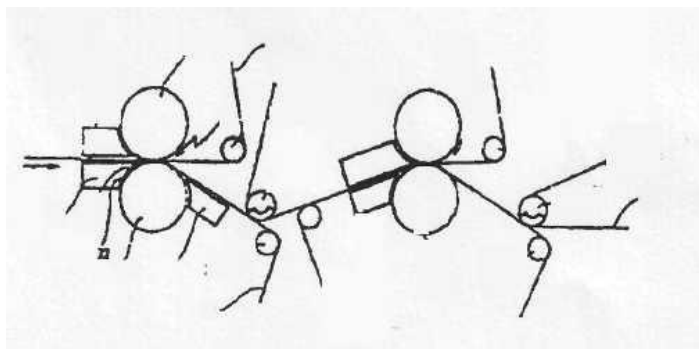
Сорочка 1 виконана з еластичного матеріалу, а крок гвинтового жолобу дорівнює зовнішньому діаметру шланга. Завдяки збільшенню пресового імпульсу в зоні пресування підвищується ефективність зневоднення оброблюваного матеріалу.

Перевагами даної конструкції є підвищена ефективність зневоднення за рахунок збільшення пресового імпульсу, можливість рівномірного розподілу тиску.

Недоліком є складність конструкції.

У патенті [8] представлено пресову частину папероробної машини та волок на неї (рисунок 3.6). Пропонована пресова частина відрізняється від аналогів тим, що до конструкції входять пристрої для прикладання вакууму до задньої сторони стрічки, направленої в сторону, протилежну полотну; друга стрічка має більшу шорсткість поверхні.

Використання пресової частини пропонованої конструкції дозволяє інтенсифікувати процес пресування паперового полотна, збільшити його кінцеву сухість, знизити вірогідність маркування паперового полотна.

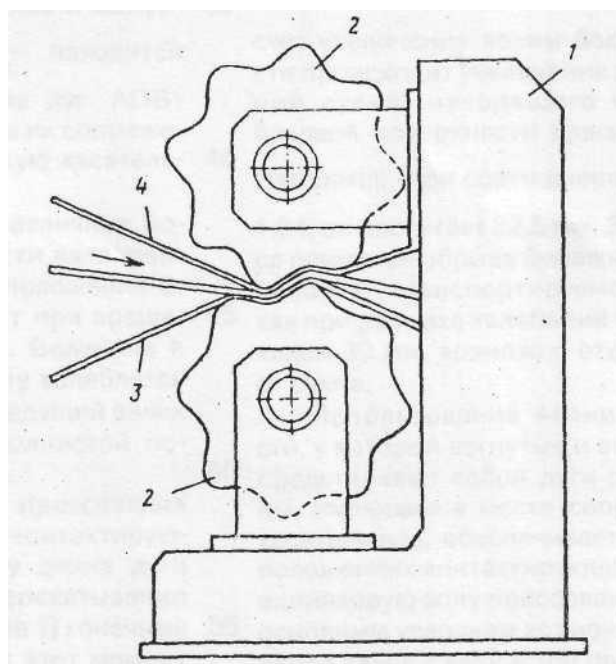


1,2 – пресові вали; 3 – прес-щілина; 4,5 – пристрій для прикладання вакууму; 6, 7 – стрічка; 8 – паперове полотно

Рисунок 3.6 – пресова частина папероробної машини

Використання пресової частини пропонованої конструкції дозволяє інтенсифікувати процес пресування паперового полотна, збільшити його кінцеву сухість, знизити вірогідність маркування паперового полотна.

У патенті [9] представлено прес для зневоднення полотна волокнистого матеріалу (рисунок 3.7).

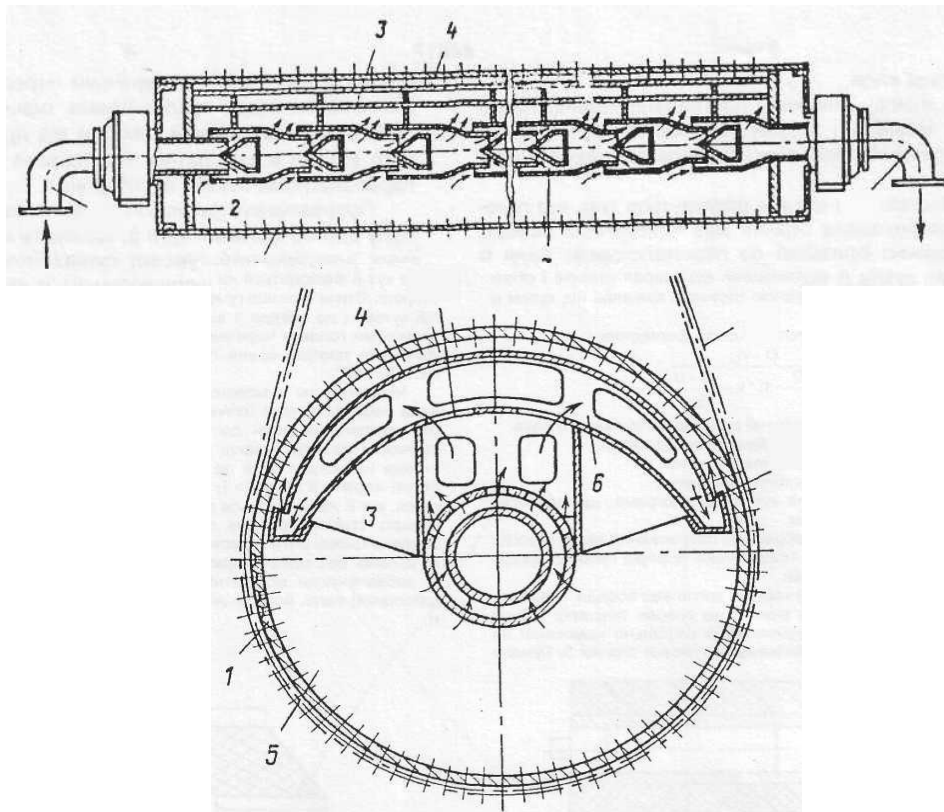


1 – станина; 2 – вали; 3, 4 – сукно

Рисунок 3.7 – Прес для зневоднення полотна волокнистого матеріалу

Метою винаходу є інтенсифікація процесу зневоднення за рахунок подовження зони пресування.

Прес для зневоднення полотна волокнистого матеріалу відрізняється від аналогів тим, що з метою інтенсифікації процесу зневоднення за рахунок подовження зони пресування, вогнуті ділянки робочої поверхні кожного валу мають радіус кривизни, в 1,8...2 рази більший за радіус кривизни випуклих ділянок; довжини випуклих ділянок рівні довжинам дуг вогнутих ділянок. Запропонований прес забезпечує у порівнянні з відомою конструкцією розширення зони пресування в 1,5 рази та відносне збільшення сухості полотна після преса на 10...15 %, а також рівномірне пресування полотна по всій площині.



1 – рубашка; 2 – торцева стінка; 3, 4 – повздовжня стінка; 5 – вакуумна камера; 6 – камера надлишкового тиску; 7 – аеродинамічна насадка; 8 – отвір; 9 – щілина; 10, 11 – патрубок; 12 – картонне полотно

Рисунок 3.8 – перфорований вал

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У патенті [10] представлено перфорований вал (рисунок 3.8). Метою винаходу є забезпечення надійності в роботі та зниження енергозатрат.

Перфорований вал відрізняється від аналогів тим, що з метою забезпечення надійності в роботі та зниження енергозатрат, ежекторний пристрій включає ряд послідовно встановлених по вісі вала аеродинамічних насадок, кожна з яких має циліндричну ділянку (конфузор). Використання валу такої конструкції дозволяє суттєво зменшити затрати електроенергії на створення вакууму в камері вала та підвищує надійність підтримання вакууму.

У результаті проведених патентних досліджень встановлено:

- конструкція розроблюваної пресової частини картоноробної машини за основними характеристиками не поступається розглянутим аналогам і відповідає сучасному рівню розвитку техніки;

- у розроблюваному апараті не використано суттєвих ознак, якими відрізняються проаналізовані прототипи. Усі суттєві ознаки розроблюваного апарата є достатньо відомими. Це дозволяє припустити, що застосування конструкції не потребуватиме придбання ліцензії на випуск нової продукції;

- останнім часом винахідницька активність в промислово розвинених країнах у розглянутій галузі спрямована на патентування як апаратів в цілому, так і окремих їхніх частин. Основна увага приділяється підвищенню ефективності роботи апаратів, зменшення їхньої матеріалоємності, спрощення конструкції та затрат енергії на одержання одиниці продукції;

- провідними державами в галузі патентування пресової частини картоноробної машини є Японія, США, Німеччина. Винахідницька активність в Україні та Російській Федерації протягом останніх років скорочується.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4. Охорона праці

Сучасний розвиток науки та техніки привносить принципові нововведення у всі сфери матеріального виробництва, суттєво змінюючи технологічні процеси та використовувані матеріали, предмети та знаряддя праці. В свою чергу зміни технології та устаткування призводять до трансформації умов праці та трудового процесу в цілому. Тому при розробці нової техніки, технологічних процесів, організації виробництва необхідно провести науковий аналіз можливих небезпечних та шкідливих виробничих факторів та розробити заходи і засоби, спрямовані на мінімізацію їх несприятливого впливу на працюючу людину.

Повсякденна робота з охорони праці на підприємстві проводяться службою охорони праці. Ця служба створюється на підприємствах, у виробничих і науково-виробничих об'єднаннях, кооперативних, колективних та інших організаціях виробничої сфери з числом працюючих 50 та більше чоловік. Особливу увагу потрібно приділити захисту працівників, що знаходяться безпосередньо біля пульта керування картоноробною машиною.

Заходи з охорони праці розроблені для обслуговуючого персоналу пресової частини картоноробної машини. Пресова частина займає виробничу площу 126 м<sup>2</sup>.

Робота на целюлозно-паперовому виробництві відноситься до роботи з підвищеною небезпекою. На робочому місці оператора слід виконати роботу для виявлення шкідливих та небезпечних виробничих факторів.

Конструкція жолобчастого преса пов'язана з використанням складного устаткування і розміщена в закритому приміщенні. При розробці модернізованої пресової частини картоноробної машини необхідно передбачити засоби захисту від дії шкідливих факторів. При цьому на робочому місці інженера по обслуговуванню пресової частини будуть наступні шкідливі виробничі фактори: небезпечна напруга електричного струму; вібрація; виробничий шум;

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пожежна небезпека; обертові та рухомі машини і механізми; запиленість паперовим пилом, який при підвищених концентраціях може призвести до вибуху; тепловипромінювання, пара, нагріта поверхня устаткування.

#### 4.1 Небезпека ураження електричним струмом

За класифікацією приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом, цех, в якому встановлено картоноробну машину відносять до класу приміщень з підвищеною небезпекою, згідно ПУЕ–6 [5].

В приміщенні в якому розміщено пресову частину картоноробної машини і для самої роботи машини використовуємо струм  $U = 220/380$  В, частота  $f = 50$  Гц з ізолюваною нейтраллю.

При монтажі, експлуатації і технічному обслуговуванні системи автоматичного управління виконуються загальні правила роботи, установлені для електричних установок (ПУЕ-92).

Всі струмоведучі частини виробів системи автоматичного управління, які знаходяться під напругою, що перевищує 42 В по відношенню до корпусу, мають захист від випадкових дотиків під час роботи.

Безпека експлуатації при нормальній роботі електроустановок забезпечується наступними захисними заходами:

надійне ізолювання елементів конструкції, що проводять електричний струм ( $R_i \geq 0,5$  мом – опір ізоляції);

кабелі укласти в металеві труби;

встановлення сітчастих (розмір щілини – 0,015x0,015 м) огорож струмоведучих частин на недосяжній висоті 3,0 м;

встановлення електричного блокування на огорожі струмоведучих частин;

встановлення орієнтації в електроустановках (попереджувальні сигнали та знаки; написи та таблички; знаки високої напруги;

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідне розташування і колір неізольованих струмоведучих частин і ізоляції;

фарбування органів управління у відмінний від інших колір і світлова ізоляція);

обслуговуючому персоналу видати засоби захисту (діелектричні ковбики, рукавички, індикатори струму та напруги);

в аварійному режимі використовувати захисне заземлення, що відповідає ГОСТ 12.1.030 – 86, з загальним опором заземленої системи  $R=3,7 \text{ Ом}$ .

Вимоги по техніці безпеки встановлюються спеціальним розділом посадових інструкцій та інструкцій по експлуатації технічних засобів [12].

## 4.2 Віброзахист

Основними джерелами вібрації в приміщенні є обертові частини пресової частини картоноробної машини. Такими частинами вважаються пресові вали, папероведучі та сукноведучі вали, електродвигуни, вентиляторні, насосні установки. В таких частинах виникають невідновжені сили, які передаються будівельним конструкціям, викликаючи їх вібрацію.

Вібрації будівельних конструкцій є причиною шуму в суміжних приміщеннях. Тому розташування інженерного обладнання в приміщеннях вимагає вживання заходів щодо зниження вібрації будівельних конструкцій до величин, котрі забезпечують допустимий рівень шуму в приміщеннях.

Найбільш ефективним та технічно доцільним методом зниження вібрації будівельних конструкцій є зниження невідновжених сил, тобто динамічних навантажень, котрі створюються пресовою частиною [12].

Для запобігання вище сказаного виконано такі роботи:

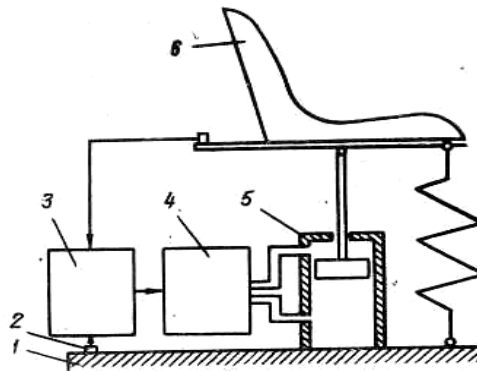
- ретельне динамічне балансування обертових частин агрегатів;
- центрування муфтових з'єднань з електродвигуном;

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- ліквідацію перекосів та великих зазорів у підшипниках;
- надійне закріплення рознімних частин обладнання (кришок підшипників, з'єднувальних фланців трубопроводів );
- введення ребер жорсткості.

Обладнання, котре створює значні динамічні навантаження, рекомендується встановлювати на окремих фундаментах, не пов'язаних з каркасами будівель або в підвальних поверхах.



На рисунку 3.11 представлено схему електрогідравлічної системи віброізоляції оператора пресової частини папероробної машини.

- 1 – вібруюча основа; 2 – датчики; 3 – електроаналоговим пристрій;  
4 – сервомеханізм; 5 – поршень; 6 – крісло оператора

Рисунок 4.11 – Система віброізоляції оператора

Між вібруючою основою 1 та кріслом оператора 6 встановлюють керований гідроциліндр з поршнем 5. Перепад тиску в робочих площинах циліндра регулюється сервомеханізмом 4, який керується електроаналоговим пристроєм 3 за сигналами, що поступають з датчиків 2, які реєструють коливання основи та крісла оператора.

Після проведених заходів рівень вібрації на частоті  $f = 4$  Гц не перевищує 90 дБ, що відповідає нормам ДСН 3.3.6.039-99 [12].



шуму до 28 дБА, і проти шумними вкладишами „Беруши СТ-1” ТУУ 25513947.002-99, що знижують рівень шуму до 16...20 дБА[12].

Після проведених заходів рівень шуму не перевищує 65 дБА, що відповідає нормам ДСН 3.3.6.037-99[12].

#### 4.4 Виробниче освітлення

В приміщенні, де розташована пресова частина картоноробної машини передбачене природне й штучне освітлення. У відповідності до норм освітленості для даного обладнання та четвертого розряду зорових робіт нормоване значення освітлення складає  $E_n = 200$  лк за СНІП II-4-79 [12].

Для створення сприятливих умов праці виробниче освітлення повинно відповідати наступним вимогам: освітленість на робочому місці має відповідати гігієнічним нормам; яскравість на робочій поверхні та у межах навколишнього простору повинна розподілятися рівномірно; на робочій поверхні не повинно бути різких тіней; блиск повинен бути відсутній у полі зору; освітлення повинно забезпечувати необхідний спектральний склад світла для правильної передачі кольору.

Для штучного освітлення приміщення в нічний час використовуються 18 світодіюдних ламп потужністю 12 Вт потужністю та світловим потоком 1400 лм. Для забезпечення рівномірності освітлення розташовуємо їх в два ряди по 9 штук в кожному. Лампи створюють світло, що за яскравістю наближається до природного. Фактична освітленість для даного типу ламп становить 225 лк, що відповідає нормованому значенню освітленості згідно ДБН В.2.5-28-2006[11].

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.5 Пожежна небезпека

Основним технологічним матеріалом при роботі є папір та картон з низькою температурою займання (приблизно 250 °С). Також в процесі роботи пресової частини використовуються горючі мастильні матеріали.

У відповідності до ОНТП 24 – 86 [12] приміщення для пресової частини картоноробної машини відноситься до категорії В – пожежонебезпечні, оскільки містять горючі речовини, клас зони П – П (ПУЕ). Згідно з СНиП 2.01.02-85 приміщення відноситься до першого ступеня вогнетривкості. Кількість поверхів не обмежується. Площа поверхів у межах пожежних відсіків не обмежується.

З метою протипожежної безпеки необхідно систематично видаляти пил з пресової частини картоноробної машини, своєчасно прибирати паперовий брак, зберігати мастильні матеріали в металевих ящиках в спеціально відведених для цього місцях, курити дозволяється лише в спеціальних місцях поза приміщенням, у якому знаходиться машина.

Для попередження та ліквідації пожеж передбачені наступні заходи: встановлення засобів сигналізації, зокрема, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС), які спрацьовують при підвищенні температури або появи диму і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною; використання установки автоматичного пожежогасіння дренчерного типу; використання заземлення для запобігання від статичної електрики; обладнання приміщення двома еваковихходами (ширина еваковихходів – 2 м), відстань між еваковихходами та відстань від найвіддаленішої точки приміщення до еваковихходу згідно СНиП 2.09.02-85; використання первинних засобів пожежогасіння: вогнегасників ОУБ – 3А у кількості 10 шт. (вогнегасники та пожежний інвентар мають червоне пофарбування, а бочки з водою та ящики з піском ще й відповідні написи білою фарбою, пожежний інструмент фарбується у чорний колір), ящиків з піском місткістю 0,5 м<sup>3</sup> – 6 шт. укомплектованих совковою

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лопатою, пожежних гідрантів – 12 шт.; протипожежні покривала, виготовлені з негорючого теплоізоляційного полотна повинні мати розмір не менш як 2х2 м; бочки для зберігання води з метою пожежогасіння встановлені у виробничому приміщенні.

При виникненні пожежі необхідно, не зволікаючи, вимкнути вентиляцію (як приливну, так і витяжну), а швидкість машини знизити до мінімальної. Зупиняти машину не рекомендується, лише за особливим розпорядженням. В місцях накопичення сухого паперового браку потрібно встановити сплінкерну систему, яка автоматично вмикається при підвищенні температури в приміщенні цеху вище встановленої. Також при первинній пожежній небезпеці повинні бути здійснені первинні заходи пожежогасіння.

Протипожежна безпека пресової частини картоноробної машини відповідає вимогам СНиП 2.01.02-85.

#### **4.6 Небезпека впливу частин обладнання, які рухаються й обертаються**

Жолобчастий прес картоноробної машини має велику кількість валів, що обертаються, тому найбільшою небезпекою для обслуговуючого персоналу при роботі на обладнанні становить захват людини валом, що обертається, потрапляння в захват між валами при обслуговуванні преса.

Для запобігання травматизму всі частини, що обертаються обладнуються захисними кожухами і огорожами. Всі робочі площадки мають огорожу з відбійною полозою. Висота огорожі в межах 1200...1500 мм, а відбійна полоса не менше 150 мм [11], що відповідає вимогам ГОСТ 12.2.062 - 81. [12].

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

### 5.1 Баланс води і волокна

Розрахункову схему пресу картоноробної машини показано на рисунку 5.1.

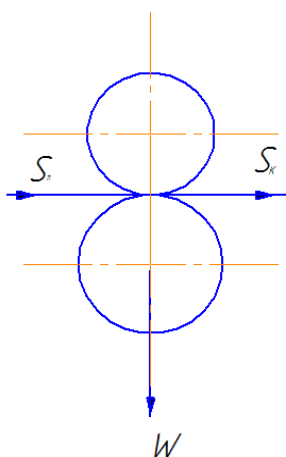


Рисунок 5.1 - Розрахункова схема преса

Метою розрахунку є визначення лінійного тиску в захваті пресу при попередньо заданих сухостях картонного полотна, швидкості машини та маси 1 м<sup>2</sup> картону.

Вихідні дані:

Швидкість машини $V$ , м/с (м/хв)	10 (600)
Маса 1м <sup>2</sup> паперового полотна $g$ , г/м <sup>2</sup>	175
Обрізна ширина картонного полотна $B$ , м	4,2
Сухість картонного полотна перед пресовою частиною $S_0$ , %	20

Розрахунок приведено за методикою викладеною у [13]

Продуктивність машини:

$$Q = 0,06BVgS = 0,06 \cdot 4,2 \cdot 600 \cdot 175 \cdot 0,95 = 25135 \text{ кг/год},$$

де  $B$  - обрізна ширина картону,м;

$V$  - швидкість машини, м/хв,

$g$  - маса  $1\text{ м}^2$  паперу, г/м<sup>2</sup>;

$S$  - сухість на накаті, рекомендовано 94...96%.

Визначаємо кількість води, що віджимається на 1 кг абсолютно сухого картону, втратами волокна нехтуємо:

$$W_1 = \frac{1}{S_n} - \frac{1}{S_1} = \frac{S_1 - S_n}{S_n \cdot S_1} = \frac{0,38 - 0,20}{0,20 \cdot 0,38} = 2,5 \text{ кг/кг},$$

Визначаємо кількість води видаленої на пресі за 1 год:

$$G = WQ = 2,5 \cdot 25135,2 = 62838 \text{ кг/год},$$

Сухість паперового полотна після першого пресу знаходимо за рівнянням:

$$S = 36,33 - 0,538x_1 + 1,77x_2 + 0,907x_3 + 0,543x_1^2 - 0,432x_2^2 = 36,33 - 0,538 \cdot 3,125 + 1,77 \cdot (0,2) + 0,907 \cdot (-1) + 0,543 \cdot 3,125^2 - 0,432 \cdot (0,2)^2 = 38\%,$$

де

$$x_1 = \frac{V - 5}{1,6} = \frac{10 - 5}{1,6} = 3,125,$$

$V$  – швидкість машини, м/с.

$$x_2 = \frac{q_{\text{л}} - 70}{25} = \frac{75 - 70}{25} = 0,2,$$

$q_{\text{л}}$  – лінійний тиск в захваті пресу, кН/м.

$$x_3 = \frac{S_n - 22}{2} = \frac{20 - 22}{2} = -1,$$

$S_n$  – початкова сухість картонного полотна перед пресовою частиною, %.

Висновок: за результатами балансових розрахунків підтверджено здатність пресу обраної конструкції забезпечити збільшення сухості полотна на 18% за заданих технічних параметрів роботи КРМ.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.2 Розрахунок зусиль притискання

Розрахункова схема зусиль притискання наведена на рисунку 5.2.

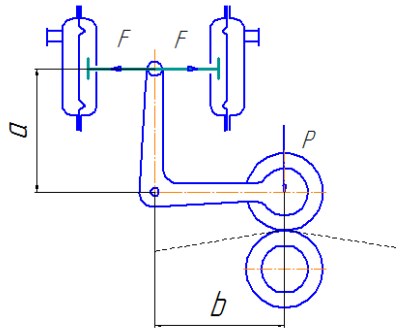


Рисунок 5.2 - Схема зусиль притискання

Мета розрахунку: розрахунок необхідного діаметру діафрагм для створення заданого лінійного тиску в захваті жолобчастого преса.

Вихідні дані :

Лінійний тиск $q_{\text{л}}$ , кН/м	75
Ширина сукна, м	4,6
Вага притискного валу з підшипниками $G_{\text{в}}$ , Н	75000
Довжина плеча з боку притискного валу $b$ , м	1
Довжина плеча з боку притискного механізму $a$ , м	2,4

Розрахунок приведено за методикою викладеною у [13]

Для створення заданого тиску в захваті пресу до цапф рухомого валу, який створює тиск, необхідно прикласти певні зусилля  $P_{\text{пр}}$ .

Зусилля притискання:

$$P_{\text{пр}} = q_{\text{л}} B - G_{\text{в}} = 75000 \cdot 4,6 - 75000 = 270000 \text{ Н},$$

де  $q_{\text{л}}$  – лінійний тиск, Н/м;

$B$  – ширина сукна, м;



$G_B$  – вага валу з підшипниками, Н.

Зусилля притискання з боку притискного механізму:

$$F_{\pi} = \frac{P_{\pi} \cdot b}{a \cdot \eta} = \frac{270000 \cdot 1}{2,4 \cdot 0,96} = 117187,5 \text{ Н},$$

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії механізму притискання.

Сила притискання на одну цапфу:

$$F_n' = 0,5 F_n = 0,5 \cdot 117187,5 = 58593,75 \text{ Н},$$

де  $F_n$  – загальна сила притискання притискного механізму, Н.

Діаметр діафрагми:

$$D = \sqrt{\frac{4F_n'}{\pi P_n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 58593,75}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6}} = 0,43 \text{ м},$$

$$D = 0,45 \text{ м}.$$

Висновок: за результатами даного розрахунку встановлено, що необхідний діаметр діафрагми повинен становити 0,43 м для встановлення заданого лінійного тиску в захваті. Тому діаметр діафрагми приймаємо 0,45 м.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.3 Розрахунок вала гранітного

### 5.3.1 Розрахунок вала гранітного на жорсткість та міцність

Розрахункову схему вала гранітного наведено на рисунку 5.3.

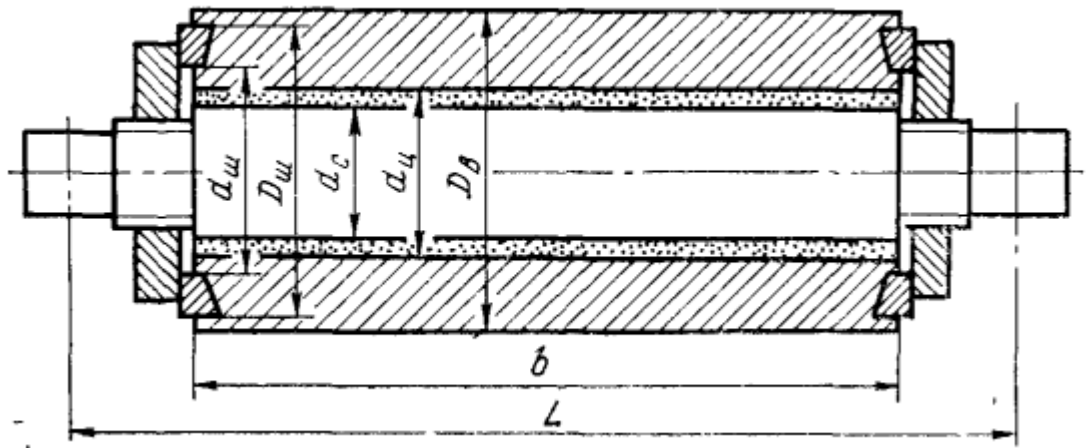


Рисунок 5.3 - Схема гранітного вала

Мета розрахунку: визначити напруження, що діють на гранітну рубашку та стальне осердя вала. Перевірити їх за умовою жорсткості.

Вихідні дані:

Загальна вага вала $G$ , Н	750000
Зовнішній діаметр шайби $D_{ш}$ , м	0,61
Внутрішній діаметр шайби $d_{ш}$ , м	0,375
Зовнішній діаметр вала $D_B$ , м	0,75
Внутрішній діаметр гранітної рубашки $d_{ц}$ , м	0,265
Довжина лінії контакту валів $b$ , м	4,6
Лінійний тиск у пресовому захваті $q$ , кН/м	75
Діаметр осердя $d_c$ , м	0,235
Модуль пружності граніту $E_{гр}$ , МПа	$5 \cdot 10^4$
Відстань між осями підшипників $L$ , м	5,41

Коефіцієнт тертя сталі по граніту  $f$  0,15

Модуль пружності сталі  $E_{\text{ст}}$ , МПа [16]  $2,1 \cdot 10^5$

Розрахунок за методикою викладеною у [13]

Момент інерції валу, приведений до  $E_{\text{гр}}$ :

$$I_{\text{пр}} = \frac{\pi}{2} \left[ \frac{E_{\text{ст}}}{E_{\text{гр}}} \left( \frac{d_{\text{с}}}{2} \right)^4 + \left\{ \left( \frac{D_{\text{в}}}{2} \right)^4 - \left( \frac{d_{\text{ц}}}{2} \right)^4 \right\} \right] =$$

$$= \frac{3,14}{2} \cdot \left[ \frac{2,1 \cdot 10^{11}}{5 \cdot 10^{10}} \cdot \left( \frac{0,235}{2} \right)^4 + \left\{ \left( \frac{0,75}{2} \right)^4 - \left( \frac{0,265}{2} \right)^4 \right\} \right] = 0,0315 \text{ м}^4,$$

де  $E_{\text{ст}}$  - модуль пружності сталі, МПа;

$E_{\text{гр}}$  - модуль пружності граніту, МПа;

$d_{\text{с}}$  - діаметр осердя, м;

$D_{\text{в}}$  - зовнішній діаметр вала, м;

$d_{\text{ц}}$  - внутрішній діаметр гранітної рубашки, м.

Максимальний згинаючий момент посередині валу :

$$M_{\text{зг.мах}} = \frac{qb}{4} \left( L - \frac{b}{2} \right) = \frac{75000 \cdot 4,6}{4} \cdot \left( 5,410 - \frac{4,6}{2} \right) = 253144 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де  $q$  – навантаження на вал, Н/м;

Напруження стиску гранітної рубашки :

$$\sigma_{\text{зг}} = \frac{M_{\text{зг.мах}}}{I_{\text{пр}}} \cdot \frac{D_{\text{в}}}{2} = \frac{253144}{0,0315} \cdot \frac{0,75}{2} = 3013619 \text{ Па} = 3 \text{ МПа},$$

де  $M_{\text{зг.мах}}$  – максимальний згинаючий момент посередині валу, Нм;

$I_{\text{пр}}$  – момент інерції валу, приведений до  $E_{\text{гр}}$ ,  $\text{м}^4$ ;

Напруження стиску гранітної рубашки :

$$\sigma_{\text{ст}} = (1,3 - 1,5) \sigma_{\text{зг}} = 1,4 \cdot 3013619 = 4639067 \text{ Па} = 4,6 \text{ МПа},$$

Осьове зусилля притискання шайб:

$$T = \frac{\sigma_{\text{ст}} \pi (D_{\text{в}}^2 - d_{\text{ц}}^2)}{4} = \frac{4639067 \cdot 3,14 \cdot (0,75^2 - 0,265^2)}{4} = 1792702 \text{ Н.}$$

Питомий тиск торцевих шайб на граніт:

$$P = \frac{T}{\frac{\pi}{4} (D_{\text{ш}}^2 - d_{\text{ш}}^2)} \leq [P],$$

$[P]$  - допустимий питомий тиск торцевих шайб,  $[P] = 10 \dots 13$  МПа.

Отже маємо:

$$P = \frac{1792702}{\frac{3,14}{4} (0,61^2 - 0,375^2)} = 9865846 \text{ Па} \approx 9,9 \text{ МПа},$$
$$9,9 \text{ МПа} < [P].$$

Сила тертя між шайбою і торцем рубашки :

$$F_{\text{тр}} = 2fT > qb,$$
$$F_{\text{тр}} = 2 \cdot 0,15 \cdot 1792702 > qb = 75000 \cdot 4,6,$$
$$F_{\text{тр}} = 537811 > qb = 345000.$$

Максимальне напруження стиснення граніту:

$$\sigma_{\text{ст. max}} = \sigma_{\text{зг}} + \sigma_{\text{ст}} < [\sigma_{\text{ст}}],$$

де  $\sigma_{\text{ст}}$  - напруження стику гранітної рубашки, МПа;

$\sigma_{\text{зг}}$  - напруження згинання гранітної рубашки, МПа;

$[\sigma_{\text{ст}}]$  - допустиме напруження стиску гранітної рубашки,  $[\sigma_{\text{ст}}] = 10 \dots 13$  МПа

$$\sigma_{\text{ст. max}} = 3 + 4,6 = 7,6 \text{ МПа},$$

$$7,6 \text{ МПа} < 10 \text{ МПа},$$

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напруження згинання осердя :

$$\sigma_{\text{зг.ос}} = \frac{M_{\text{зг.мах}}}{I_{\text{пр}}} \cdot \frac{E_{\text{ст}}}{E_{\text{гр}}} \cdot \frac{d_{\text{с}}}{2} = \frac{253144}{0,0315} \cdot \frac{2,1 \cdot 10^{11}}{5 \cdot 10^{10}} \cdot \frac{0,235}{2} = 3375253 \text{ Па} \approx 3,4 \text{ МПа}$$

де  $M_{\text{мах}}$  - максимальний згинаючий момент посередині валу Нм;

$I_{\text{пр}}$  - момент енергії приведений до  $E_{\text{гр}}$ , м<sup>4</sup>;

$E_{\text{ст}}$  - модуль пружності сталі, Па;

$E_{\text{гр}}$  - модуль пружності граніту, Па;

$d_{\text{с}}$  - діаметр осердя, м.

Напруження розтягу осердя

$$\sigma_{\text{роз.ос}} = \frac{4 \cdot T}{\pi \cdot d_{\text{с}}^2} = \frac{4 \cdot 1792702}{3,14 \cdot 0,235^2} = 5709242 \text{ Па} = 5,7 \text{ МПа} ,$$

де  $T$  – осьове зусилля притискання шайб, Н.

Напруження осердя сумарне

$$\sigma_{\text{сум}} = \sigma_{\text{зг.ос}} + \sigma_{\text{роз.ос}} = 3,4 + 5,7 = 9,1 \text{ МПа} ,$$

де  $\sigma_{\text{зг.ос}}$  - напруження згинання осердя, МПа;

$\sigma_{\text{роз.ос}}$  - напруження розтягу осердя, МПа.

Умова міцності осердя:

$$\sigma_{\text{сум}} < [\sigma_{\text{сум}}]$$

де  $[\sigma_{\text{сум}}]$  – допустиме сумарне напруження осердя,  $[\sigma_{\text{сум}}] = 30 \text{ МПа}$ ,

$$9,1 \text{ МПа} < 30 \text{ МПа} ,$$

Прогин гранітного валу :

$$f_{\text{В}} = \frac{qb^3(12L-7b)}{384E_{\text{гр}}I_{\text{пр}}} = \frac{75000 \cdot 4,6^3 \cdot (12 \cdot 5,41 - 7 \cdot 4,6)}{384 \cdot 5 \cdot 10^{10} \cdot 0,0315} = 3,7 \cdot 10^{-4} \text{ м} ,$$

де  $q$  – навантаження на вал, Н/м;

$E_{\text{гр}}$  – модуль пружності граніту, Па.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відносний прогин валу:

$$\varepsilon = \frac{f_B}{b} = \frac{3,7 \cdot 10^{-4}}{4,6} = 8 \cdot 10^{-5},$$

де  $b$  – довжина лінії контакту валів, м

$f_B$  – відносний прогин валу, м.

Умова жорсткості валу:

$$\varepsilon \leq [\varepsilon_B]$$

$$\varepsilon = 8 \cdot 10^{-5} \leq [\varepsilon_B] = 8,7 \cdot 10^{-5},$$

де  $[\varepsilon_B] = 8,7 \cdot 10^{-5}$  – допустимий відносний прогин валу [14].

Висновок: в результаті даного розрахунку встановлено, що умова міцності і жорсткості рубашки гранітного вала виконуються, тому що, розраховане напруження і відносний прогин не перевищують допустимі значення.

### 5.3.2 Розрахунок вала гранітного на критичну частоту обертання

Мета: підтвердження надійності роботи пресу за заданої частоти обертання гранітного валу.

Вхідні дані:

Навантаження на вал $Q, \text{Н}$	345000
Відстань між центрами підшипників $L, \text{мм}$	5410
Лінійна швидкість полотна $V, \text{м/хв.}$	600
Модуль пружності матеріалу вала $E, \text{Па}$	$5 \cdot 10^{10}$

Прогин валу під дією навантаження:

$$f_{\text{ст}} = \frac{5QL^3}{384EI} = \frac{5 \cdot 345 \cdot 10^3 \cdot 5,41^3}{384 \cdot 5 \cdot 10^{10} \cdot 0,0315} = 4,09 \cdot 10^{-4} \text{ м},$$

Критична частота обертання:

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{кр} = \frac{300}{\sqrt{f_{ст}}} = \frac{300}{\sqrt{4,09 \cdot 10^{-4}}} = 14834 \text{ хв}^{-1},$$

Робоче число обертів:

$$n_p = \frac{V}{\pi \cdot D} = \frac{600}{3,14 \cdot 0,750} = 254 \text{ хв}^{-1},$$

$$K_0 = \frac{n_p}{n_{кр}} = \frac{254}{14834} = 0,017.$$

Оскільки розрахункове явище резонансу менше за допустиме  $K_0 < [K] = 0,6$ , то умова відсутності явища резонансу виконується.

### 5.3.3 Визначення довговічності підшипників

Схема розрахунку підшипників в опорах валу показано на рисунку 5.4.

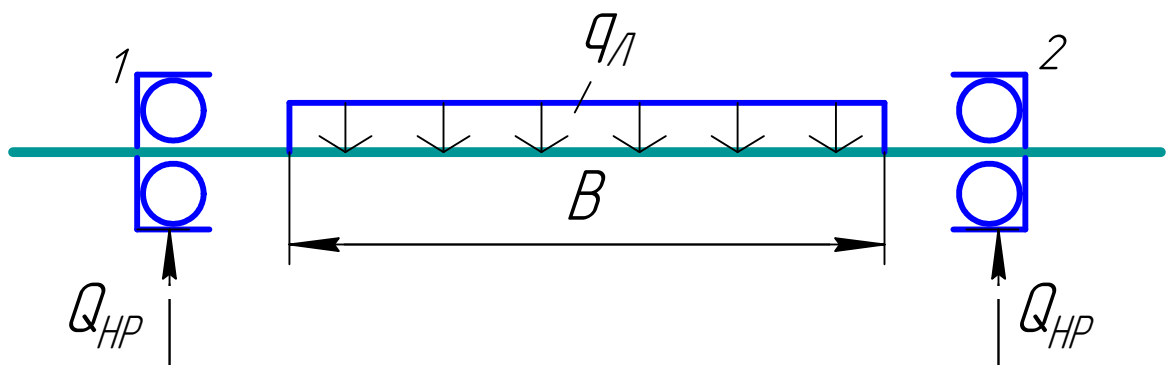


Рисунок 5.4 – Схема підшипників в опорах вала

Мета: перевіряємо за динамічною вантажопідйомність підшипників.

Вихідні дані:

Навантаження, що діють на підшипники:

від дії лінійного тиску -  $q_l = 75 \text{ кН/м}$

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Складаючи вектори сил, отримуємо:

$$Q = q_d \cdot B = 75000 \cdot 4,6 = 345000 \text{ Н} = 345 \text{ кН}.$$

Приведене навантаження на один підшипник:

$$Q_{HP} = \frac{Q}{2} (XK_k + 0,1Y) K_T K_b = \frac{345}{2} (1 \cdot 1 + 0,1 \cdot 2,642) 1 \cdot 1,2 = 262 \text{ кН}.$$

Довговічність підшипника:

$$L^0 = \left( \frac{C}{Q_{HP}} \right)^{10/3} = \left( \frac{2116800}{262000} \right)^{10/3} = 1058 \text{ млн.оборотів},$$

Довговічність:

$$L_n = \frac{L^0 10^6}{60 n_p} = \frac{1058 \cdot 10^6}{60 \cdot 170} = 103725 \text{ год}.$$

Висновок: отже, при даних параметрах під опору обираємо два однакових підшипників кочення роликових дворядних сферичних середньої серії 3622028 за ГОСТ 5721-75.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 5.4 Розрахунок вала жолобчастого

Схема валу жолобчастого представлено на рисунку 5.5.

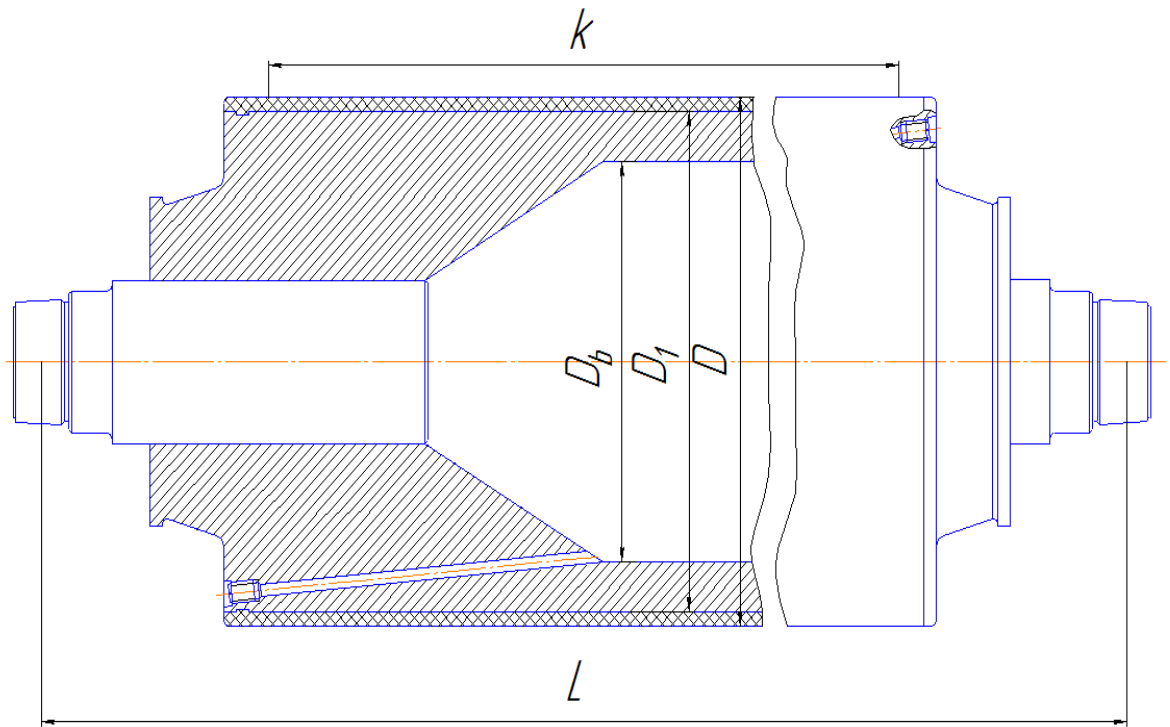


Рисунок 5.5 – Вал жолобчастий

Мета: знайти сумарне навантаження на вал, при заданих розмірах.

Вихідні дані:

Загальна вага нижнього вала  $H$ , 100000

Лінійне навантаження на вал від дії зусилля притискання

та ваги верхнього вала  $q$ , кН/м 75

Ширина робочої частини  $K$ , м 4,6

Відстань між опорами валу  $L$ , м 5,41

Робоча швидкість машини  $V$ , м/хв 600

Зовнішній діаметр вала з врахуванням гумового  
облицювання  $D$ , м 0,765

Зовнішній діаметр рубашки вала без врахування

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гумового облицювання $D_1$ , м	0,725
Внутрішній діаметр валу $D_b$ , м	0,525
Діаметр цапф $d$ , м	0,23
Матеріал вала	СЧ-18
Матеріал цапф	Сталь 40Х

Інтенсивність навантаження на вал:  
від натягу сукна

$$Q_s = 2S_c \cos \alpha = 2 \cdot 18,4 \cdot \cos 45 = 26 \text{ кН},$$

де

$$S_c = S_b b_0 = 4 \cdot 4,6 = 18,4 \text{ кН}.$$

Питомий натяг сукна

$$S_b = 4 \text{ кН/м}$$

Сумарне навантаження на вал:

$$Q = G_b + Q_s + q_d K = 100 + 26 + 75 \cdot 4,6 = 471 \text{ кН},$$

де  $G_b$  - вага вала, кН.

Висновок: в результаті проведених розрахунків, сумарне навантаження, що діє на вал,  $Q = 471 \text{ кН}$ .

#### 5.4.2 Розрахунок жорсткості корпусу вала

Розрахувати допустимий відносний прогин жолобчастого валу, [15]:

$$[\xi] = 0,00015 \text{ [14]}.$$

$I$  – момент інерції вала. Він розраховується за формулою:

$$I = \frac{\pi D^4}{64} (1 - \alpha^4) = \frac{3,14 \cdot 0,765^4}{64} (1 - 0,74^4) = 0,012 \text{ м}^4,$$

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де 
$$\alpha = \frac{D_{\text{вн}}}{D} = \frac{0,565}{0,765} = 0,74.$$

Прогин валу буде дорівнювати:

$$f = \frac{QK^2}{384EI} \cdot (12 \cdot L - 7 \cdot K) = \frac{471 \cdot 10^3 \cdot 4,6^2 \cdot (12 \cdot 5,410 - 7 \cdot 4,6)}{384 \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \cdot 0,012} = 4,7 \cdot 10^{-4} \text{ м},$$

де  $E$  – модуль пружності другого роду для матеріалу валу. Для сірого чавуну  $[\xi] = (0,8 \dots 1,5) 10^{11} \text{ Па}$  [14].

Відносний прогин валу:

$$\xi = \frac{f}{K} = \frac{4,7 \cdot 10^{-4}}{4,6};$$

$$\xi = 0,000102 < [\xi] = 0,00015.$$

Висновок: так як відносний прогин менший допустимого прогину, то умова жорсткості валу виконується.

### 5.4.3 Розрахунок корпусу валу жолобчастого на міцність

Мета: визначення напружень і порівняння з допустимими при даних параметрах валу.

Розрахункову схему корпусу жолобчастого валу представлено на рисунку 5.6.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

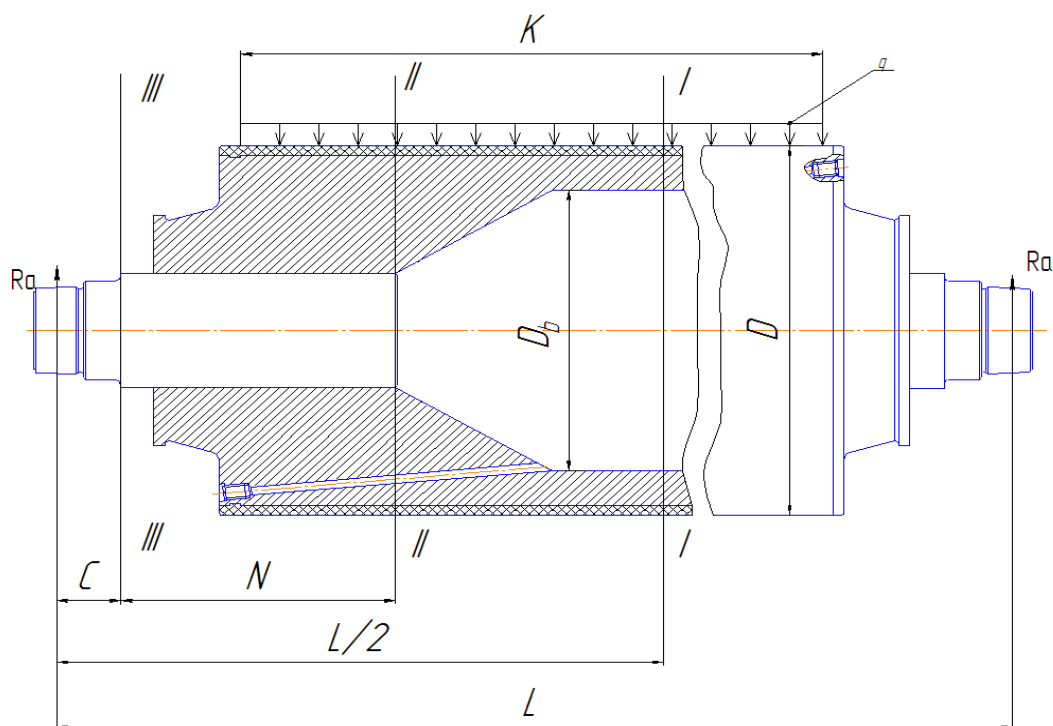


Рисунок 5.6 – Вал жолобчастий

Вихідні дані:

Довжина робочої частини вала $K$ , м	4,6
Відстань між центрами підшипників $L$ , м	5,41
Зовнішній діаметр вала $D$ , м	0,765
Матеріал вала	СЧ-18
Допустиме напруження матеріалу вала $[\sigma]_в$ , МПа	180
Матеріал цапф валу	Сталь 40Х
Допустиме напруження цапф $[\sigma]_ц$ , МПа	800

Момент опору:

перерізу I–I труби валу

$$W_1 = 0,2D^3(1 - \alpha^4) = 0,2 \cdot 0,765^3 \cdot (1 - 0,74^4) = 0,063 \text{ м}^3,$$

перерізу II – II труби валу

$$W_2 = 0,2D^3(1 - \alpha^4) = 0,2 \cdot 0,765^3 \cdot (1 - 0,3^4) = 0,088 \text{ м}^3,$$

цапфи валу у перерізі III – III

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$W_3 = 0,1d_1^3 = 0,1 \cdot 0,23^3 = 0,0012 \text{ м}^3 ,$$

Згинаючі моменти у перерізі I–I

$$M_1 = Q \left( \frac{L}{4} - \frac{K}{8} \right) = 471 \cdot \left( \frac{5,410}{4} - \frac{4,6}{8} \right) = 366 \text{ кН} \cdot \text{м} ,$$

у перерізі II–II

$$M_2 = Q \left( \frac{L - K}{4} \right) = 471 \cdot \left( \frac{5,410 - 4,6}{4} \right) = 95,4 \text{ кН} \cdot \text{м} ,$$

у перерізі III–III

$$M_3 = \frac{Q \cdot c}{2} = Ra \cdot c = \frac{471 \cdot 0,115}{2} = 27 \text{ кН} \cdot \text{м} ,$$

Напруження при згинанні:

у перерізу I–I

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{366 \cdot 10^3}{0,063} = 5810 \cdot 10^3 \text{ Па} = 5,81 \text{ МПа}$$

$$\sigma_1 = 5,81 \text{ МПа} < [\sigma]_B = 180 \text{ МПа} ,$$

у перерізі II–II

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{95,4 \cdot 10^3}{0,088} = 1084 \cdot 10^3 \text{ Па} = 1,084 \text{ МПа} ,$$

$$\sigma_2 = 1,084 \text{ МПа} < [\sigma]_B = 180 \text{ МПа} ,$$

у перерізі III–III

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W_3} = \frac{27 \cdot 10^3}{0,0012} = 22500 \cdot 10^3 \text{ Па} = 22,5 \text{ МПа} ,$$

$$\sigma_3 = 22,5 \text{ МПа} < [\sigma]_{II} = 800 \text{ МПа} .$$

Висновок: жодне напруження не перевищує допустиме. Отже, умова міцності валу і цапф виконується.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 5.4.4 Розрахунок вала на критичну частоту обертання

Мета: розрахунок робочого і критичного числа обертів та їх порівняння

Вхідні дані:

Сумарне навантаження на вал $Q$ , кН	471
Відстань між центрами підшипників $L$ , м	5,41
Лінійна швидкість полотна $V$ , м/хв.	600
Матеріал вала	СЧ-18
Модуль пружності матеріалу вала $E$ , Па [13]	$1,5 \cdot 10^{11}$

Прогин валу під дією навантаження:

$$f_{\text{ст}} = \frac{5QL^3}{384EI} = \frac{5 \cdot 471 \cdot 10^3 \cdot 5,410^3}{384 \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \cdot 0,012} = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Критична частота обертання:

$$n_{\text{кр}} = \frac{300}{\sqrt{f_{\text{ст}}}} = \frac{300}{\sqrt{5,4 \cdot 10^{-4}}} = 12910 \text{ хв}^{-1}.$$

Робоче число обертів:

$$n_{\text{р}} = \frac{V}{\pi D} = \frac{600}{3,14 \cdot 0,765} = 250 \text{ хв}^{-1}.$$

Умова відсутності явища резонансу:

$$K_0 < [K] = 0,6,$$

$$K_0 = \frac{n_{\text{р}}}{n_{\text{кр}}} = \frac{250}{12910} = 0,019.$$

Висновок: робоче число обертання є значно меншим за критичне, що свідчить про відсутність явища резонансу.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 5.4.4 Визначення довговічності підшипників

Схему розрахунку підшипників в опорах валу показано на рисунку 5.7

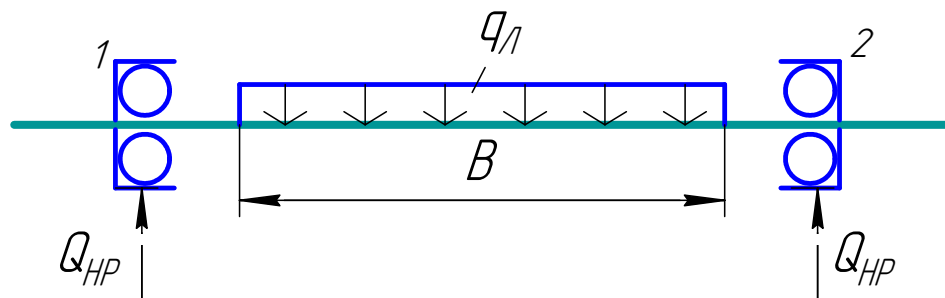


Рисунок 5.7 – Схема підшипників в опорах вала

Мета: перевірити за динамічною вантажопідйомністю ресурс сферичних дворядних роликових підшипників.

Вихідні дані:

Попередньо вибраний підшипник: підшипник кочення роликовий дворядний сферичний 3534028 за ГОСТ 5721-75

Навантаження, що діють на підшипники:

- 1) від натягу сукна –  $S = 18,4 \text{ кН}$
- 2) від сили тяжіння вала –  $G_b = 100 \text{ кН}$
- 3) від дії лінійного тиску –  $q_l = 75 \text{ кН}$

Складаючи сили, отримуємо:

$$Q = 2S \cos 45 + G + q_l B = 2 \cdot 18,4 \cdot \cos 45 + 100 + 75 \cdot 4,6 = 471 \text{ кН}.$$

Приведене навантаження на один підшипник:

$$Q_{HP} = \frac{Q}{2} (XK_k + 0,1Y) K_T K_b = \frac{471}{2} (1 \cdot 1 + 0,1 \cdot 2,642) 1 \cdot 1,2 = 357 \text{ кН}.$$

Довговічність підшипника:

$$L^0 = \left( \frac{C}{Q_{np}} \right)^{10/3} = \left( \frac{1520000}{357000} \right)^{10/3} = 125 \text{ млн. оборотів}.$$

Довговічність:

$$L_n = \frac{L^0 10^6}{60 n_p} = \frac{125 \cdot 10^6}{60 \cdot 167} = 12475 \text{ год.}$$

Що приблизно дорівнює шести рокам служби, і повністю нас задовольняє.

Висновок: отже, при даних параметрах під опору обираємо два однакових підшипників кочення роликів дворядних сферичних, середньої серії 3534028 за ГОСТ 5721-75.

### 5.5 Розрахунок механізму сукноправки

Метою даного розрахунку є визначення тиску, який потрібно створити в пневмобалоні.

Вихідні дані:

Лінійний натяг сукна  $S_\pi$ , Н/м 4000

Ширина сукна  $B$ , м 4,6

Найбільший допустимий тиск в пневмобалоні  $P$ , МПа 0,4

Діаметр пневмобалона  $d$ , м 0.15

Рівнодіюча сила натягу сукна, тобто зусилля, яке потрібно створити на каретці

сукноправки:

$$Q_z = 2S_\pi B \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 4000 \cdot 4,6 \cdot \sin \frac{15^\circ}{2} = 4800 \text{ Н,}$$

Тиск, що потрібно створити в пневмобалоні:

$$P_u = \frac{2Q_z}{\pi d^2 \eta_n} = \frac{2 \cdot 4800}{3,14 \cdot 0,15^2 \cdot 0,85} = 159860 \text{ Па} = 0,160 \text{ МПа.}$$

$\eta$  – ККД пневмопристою [13].

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Висновок: провівши розрахунки, ми визначили необхідний тиск для натягу сукна в пневмобалоні, що складає 0,16 МПа.

## 5.8 Розрахунок шабера

Метою даного розрахунку є визначення лінійного тиску шабера на вал та визначення тиску повітря в камері.

Розрахунок здійснюється за методикою, викладеною в [13].

Сумарний обертаючий момент від сил ваги:

$$\sum M = M_1 + M_2 + M_3 = 77 + 108 + 85 = 270 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Зусилля тиску шабера на вал:

$$N = \frac{\sum M}{H} = \frac{270}{0,3} = 900 \text{ Н},$$

де  $H$  – відстань від центра ваги шабера до точки дотику шаберу до валу.

Лінійний тиск шаберу на вал:

$$q = \frac{N}{L} = \frac{900}{4,5} = 200 \text{ Н/м},$$

де  $L$  – довжина лінії контакту шабера і вала, м.

Механізм руху шаберу при своїй роботі переборює зусилля тертя шабера по циліндру. Зусилля тертя у підшипниках зневажаємо.

Сила тертя шаберу по валу:

$$F_{\text{тр}} = Nf = 900 \cdot 0,3 = 270 \text{ Н},$$

де  $f = 0,3$  – коефіцієнт тертя шаберу по циліндру.

Тиск повітря в камері:

$$P = \frac{F_{\text{тр}}}{0,2(D + d)^2} = \frac{270}{0,2(0,15 - 0,11)^2} = 19970 \text{ Н/м}^2.$$

Висновок: лінійний тиск шабера на вал складає 200 Н/м. Тиск повітря в камері – 19970 Н/м<sup>2</sup>.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.7 Розрахунок потужності привода

Схему тягових зусиль представлено на рисунку 5.10.

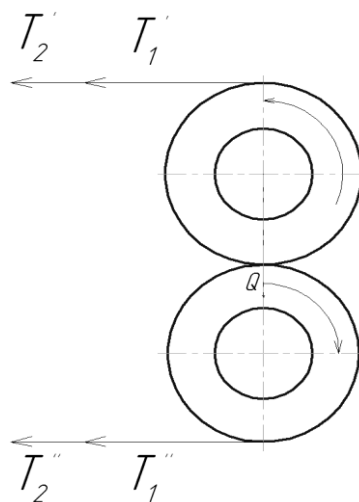


Рисунок 5.10 – Схема тягових зусиль

Мета : визначення потужності привода першого преса.

Вхідні дані:

Робоча швидкість машини $V$ , м/хв.	600
Навантаження на верхній вал $Q$ , Н	345000
Навантаження на нижній вал $Q$ , Н	471000
Діаметр верхнього вала $D_в$ , м	0,75
Діаметр нижнього вала $D_н$ , м	0,765
Діаметр цапфи $d_{цв}$ , м	0,23
Діаметр цапфи $d_{цн}$ , м	0,235
Коефіцієнт тертя в підшипниках, $f$	0,05
Коефіцієнт тертя шабера по валу, $f_{ш}$	0,25

Розрахунок потужності привода преса виконується методом тягового зусилля:

$$N = \frac{\sum TVK_v K_m}{60 \cdot 1000},$$

де  $\sum T$  - загальне тягове зусилля, Н;

$V$  – робоча швидкість машини, м/хв;

$K_v$  - коефіцієнт швидкості;

$K_m$  - коефіцієнт перенавантаження.

Знайдемо загальне тягове зусилля

$$\sum T = T_1 + T_2 + T_3,$$

де  $T_1$  – тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках, Н;

$T_2$  – тягове зусилля на подолання тертя кочення вала по валу, Н;

$T_3$  – тягове зусилля для подолання тертя шабера, Н.

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках:

верхнього вала

$$T'_1 = Qf \frac{d_{\text{ц}}}{D_{\text{в}}} = 345000 \cdot 0,05 \cdot \frac{0,235}{0,765} = 3910 \text{ Н},$$

нижнього вала

$$T'' = Qf \frac{d_{\text{ц}}}{D_{\text{н}}} = 471000 \cdot 0,05 \cdot \frac{0,23}{0,750} = 5233 \text{ Н},$$

де  $Q$  – навантаження на вал, Н;

$f$  – коефіцієнт тертя в підшипниках;

$d_{\text{ц}}$  – діаметр цапфи, мм;

$D_{\text{в}}$  – діаметр вала, мм.

Тягове зусилля на подолання тертя кочення вала по валу:

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_2 = 2Qk \left( \frac{1}{D_n} + \frac{1}{D_e} \right) = 2 \cdot 345000 \cdot 0,15 \cdot 10^{-2} \cdot \left( \frac{1}{0,75} + \frac{1}{0,765} \right) = 2733 \text{ Н},$$

де  $k$  – коефіцієнт тертя;

$D_1$  – діаметр верхнього вала, мм;

$D_2$  – діаметр нижнього вала, мм.

Тягове зусилля на подолання тертя шабера:

$$T_3 = q_{\text{ш}} b f_{\text{ш}} = 0,3 \cdot 10^3 \cdot 4,8 \cdot 0,25 = 352,5 \text{ Н},$$

де  $q_{\text{ш}}$  – лінійний тиск між шабером і валом;

$f_{\text{ш}}$  – коефіцієнт тертя шабера по валу;

$b$  – довжина лінії дотику шабера і вала;

$n$  – кількість шаберів.

Сумарне тягове зусилля верхнього вала дорівнює :

$$\sum T = 3910 + 2733 + 352,5 = 6995,5 \text{ Н},$$

Сумарне тягове зусилля нижнього вала дорівнює :

$$\sum T = 5233 + 2733 + 352,5 = 8318,5 \text{ Н},$$

Потужність на подолання тягового зусилля верхнього вала:

$$N_e = \frac{6995,5 \cdot 600 \cdot 1,3 \cdot 1,04}{60 \cdot 1000} = 94 \text{ кВт},$$

Потужність на подолання тягового зусилля нижнього вала:

$$N_n = \frac{8318,5 \cdot 600 \cdot 1,3 \cdot 1,04}{60 \cdot 1000} = 112 \text{ кВт},$$

Загальна потужність електродвигуна для верхнього вала:

$$N = \frac{N_{\text{в}}}{\eta} = \frac{94}{0,85} = 110 \text{ кВт}.$$

Загальна потужність електродвигуна для нижнього вала:

$$N = \frac{N_n}{\eta} = \frac{112}{0,85} = 131 \text{ кВт},$$

Сумарна потужність приводу преса:

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Sigma N = N_{\rho} + N_{\eta} = 110 + 131 = 241 \text{ кВт}$$

Висновок: Розрахована потужність приводу жолобчастого преса становить 241 кВт.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації першого пресу

### 6.1 Монтажні роботи

Робота пресової частини КРМ без обривів та збоїв залежить від точності складання, монтажу, вивірки взаємного положення вузлів та деталей. При розробці робочої документації на машину, розробляють спеціальну монтажну документацію у відповідності з галузевим стандартом ОСТ-26-08-2017-92 [21]. Вимоги по монтажу та експлуатації частково викладені у кресленнях загального вигляду і складальних вузлах. Монтаж обладнання має виконуватись у відповідності з вимогами СНіП 3.05.05-84. Перед установкою вузлів і частин пресової частини повинно передувати виконання повного об'єму будівельних робіт.

Пресова частина КРМ поставляється із заводу виробника в розібраному вигляді окремими деталями та складальними вузлами. Для монтажу та обслуговування пресової частини, цех в якому вона встановлена, повинен мати мостовий кран, з двома візками, вантажопідйомністю не менш 15 т кожен. Розпаковку обладнання, яке надходить до місця складання, виконують з урахуванням технологічної послідовності складання пресової частини. Перед монтажем та в процесі монтажу проводять укрупнене складання. Загальним документом яким керуються при укрупненому складанні й монтажі є монтажно-складальні, монтажно-установочні креслення та технічні вимоги заводу виробника, в яких викладені конструктивні і технологічні особливості пресової частини, яка встановлюється.

Схема технологічного процесу монтажу пресової частини складається з наступних основних операцій:

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

монтаж станин пресових валів;  
установлення на проектне місце базового вала пресової частини та вивірки його відносно базового вала КРМ та її центральної вісі;  
монтаж пресових валів та вивірка їх відносно вивіреного базового вала пресової частини та між собою.

## 6.2 Підготовка до пуску пресової частини КРМ

Переконалися у відсутності сторонніх предметів на сукнах, перехідних містках обслуговування та навколо пресової частини.

Перевірити надійність кріплення валів, валиків, сприсків та огорожі.

Розправити зморшки на сукнах та підтягнути їх.

Перевірити встановлення автоматичних сукноправок.

Установити шабери в робоче положення.

Перевірити стан сопел сприсків, при необхідності прочистити їх.

Установити сукноправильні валки в середнє положення.

Відрегулювати натяг сукон.

Увімкнути створення вакууму на щілинних сукномийках.

Перевірити піднімання та опускання валів при тиску повітря у пневматичних механізмах 0,5 МПа на хід 200 мм.

## 6.3 Пуск і робота пресової частини

Перевести пресову частину на повну робочу швидкість, встановити навантаження на задане значення.

Під час роботи слідкувати за:

станом пресових сукон ;

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботою й чистотою всіх шаберів ;  
чистотою щілин сукномийок ;  
кількістю води в сприсках низького тиску.

Також під час роботи треба приймати своєчасні міри з попередження можливих несправностей, які впливають на працездатність пресової частини.

#### 6.4 Зупинка пресової частини

Зупинка пресової частини відбувається в наступній послідовності :

зменшити робочий тиск на преси;  
відключити створення вакууму на сукномийках;  
відключити преси;  
віджати шабер ;  
підняти пресові вали;  
виконати промивку корит, сукноведучих валів, чистку сукномийок, сприсків, шаберів.

#### 6.5 Ремонтні роботи

Огляд пресових валів кожні 3-4 місяці. При цьому, оглядають підшипники валів, сприсків та інше. При кожній заміні пресових сукон, жолобки жолобкового вала промивають водою під тиском, при повільно обертаючому валу, а при необхідності прочищають вручну каліброваними штифтами, відповідного діаметру.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 6.6 Загальні ремонтні роботи для КРМ і пресової частини

Огляд та ремонт ручних і автоматичних механізмів правки й натяжки пресових сукон. Заміна лез шаберів пресових валів. Заміна підшипників валів. Довговічність роботи підшипників на сучасних картоноробних машинах в багато чому залежить від якості їх змазування. Корпуси підшипників повинні мати лабіринтне ущільнення, яке запобігає потраплянню води в підшипник і витіканню мастила.

заводу виробника, в яких викладені конструктивні і технологічні особливості пресової частини, яка встановлюється.

Схема технологічного процесу монтажу пресової частини складається з наступних основних операцій:

- монтаж станин пресових валів;
- установлення на проектне місце базового вала пресової частини та вивірки його відносно базового вала КРМ та її центральної вісі;
- монтаж пресових валів та вивірка їх відносно вивіреного базового вала пресової частини та між собою.

## 6.2 Підготовка до пуску пресової частини КРМ

Переконалися у відсутності сторонніх предметів на сукнах, перехідних містках обслуговування та навколо пресової частини.

Перевірити надійність кріплення валів, валиків, сприсків та огорожі.

Розправити зморшки на сукнах та підтягнути їх.

Перевірити встановлення автоматичних сукноправок.

Установити шабери в робоче положення.

Перевірити стан сопел сприсків, при необхідності прочистити їх.

Установити сукноправильні валки в середнє положення.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відрегулювати натяг сукон.

Увімкнути створення вакууму на щілинних сукномийках.

Перевірити піднімання та опускання валів при тиску повітря у пневматичних механізмах 0,5 МПа на хід 200 мм.

### 6.3 Пуск і робота пресової частини

Перевести пресову частину на повну робочу швидкість, встановити навантаження на задане значення.

Під час роботи слідкувати за:

станом пресових сукон;

роботою й чистотою всіх шаберів ;

чистотою щілин сукномийок ;

кількістю води в сприсках низького тиску.

Також під час роботи треба приймати своєчасні міри з попередження можливих несправностей, які впливають на працездатність пресової частини.

### 6.4 Зупинка пресової частини

Зупинка пресової частини відбувається в наступній послідовності :

зменшити робочий тиск на преси;

відключити створення вакууму на сукномийках;

відключити преси;

віджати шабер ;

підняти пресові вали;

виконати промивку корит, сукноведучих валів, чистку сукномийок, сприсків, шаберів.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6.5 Ремонтні роботи

Огляд пресових валів кожні 3-4 місяці. При цьому, оглядають підшипники валів, сприсків та інше. При кожній заміні пресових сукон, жолобки жолобкового вала промивають водою під тиском, при повільно обертаючому валу, а при необхідності прочищають вручну каліброваними штифтами, відповідного діаметру.

## 6.6 Загальні ремонтні роботи для КРМ і пресової частини

Огляд та ремонт ручних і автоматичних механізмів правки й натяжки пресових сукон. Заміна лез шаберів пресових валів. Заміна підшипників валів. Довговічність роботи підшипників на сучасних картоноробних машинах в багато чому залежить від якості їх змазування. Корпуси підшипників повинні мати лабіринтне ущільнення, яке запобігає потраплянню води в підшипник і витіканню мастила.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7 Обґрунтування доцільності модернізації

Хімічне виробництво – одна із найважливіших галузей сучасної промисловості в Україні. Одним з основних напрямків якого є паперова промисловість. Процес виготовлення картону є складним та енергоємним, потребує велику кількість різноманітних видів матеріалів, природної сировини та хімічних продуктів. Також воно зв'язано з великими витратами теплової та електричної енергії, свіжої води та інших ресурсів і супроводжується утворенням виробничних відходів та стічних вод. Але, не дивлячись на великі затрати, целюлозно-паперове виробництво залишається стратегічно важливим для держави.

До переваг існуючої конструкції слід віднести: достатня інтенсивність процесу пресування, відсутня вірогідність розриву паперового полотна.

До недоліків даної конструкції можна віднести: значна встановлена потужність, в зв'язку з утворенням вакууму для відсмоктування вологи з полотна, маркування паперового полотна через отвори відсмоктуючої камери. Модернізація полягає в заміні відсмоктуючого вала на жолобчастий. До переваг існуючої конструкції слід віднести: рівномірне, по ширині видалення вологи, більш економічне використання енергоресурсів.

Модернізація існуючого пресу дозволить значно зменшити витрати електроенергії, а також збільшити значення кінцевої сухості картону після пресової частини за рахунок збільшення лінійного тиску у захваті пресу та збільшення годинної та річної продуктивності машини.

Основні техніко-економічні показники базової і вдосконаленої пресової частини, для порівняння, наведені в таблиці 8.1.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.1 - Основні техніко-економічні показники базової і модернізованої конструкції пресу.

Показник	Одиниця	Прес	
		Базова	проектowana
Годинна продуктивність	т/год	24,562	25,135
Річна продуктивність	т/рік	204409	220182
Площа	м <sup>2</sup>	30	30
Встановлена потужність	кВт	250	241

де  $M_i$  - сукупні витрати на проведення вдосконалення устаткування, грн.; (поточних)

$S_{e_i}$  - перевищення експлуатаційних витрат вдосконаленого устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням, грн;

$K_{H_i}$  - оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.;

$\alpha$  - коефіцієнт співвідношення продуктивності вдосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування;

$\beta$  - коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу вдосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування;

$S_{a_i}$  - втрати від недоамортизації устаткування, яке підлягає вдосконаленню, грн..

Розрахований по формулі 1 коефіцієнт  $n_{p_i}$  може мати позитивні, негативні або нульове значення (таблиця 8.2)

Таблиця 8.2. Значення коефіцієнту ефективності витрат  $n_{p_i}$  на вдосконалення устаткування

Величина коефіцієнта, $n_{p_i}$	Висновок щодо доцільності модернізації устаткування
$n_{p_i} > 0$	Вдосконалення устаткування з економічної точки зору доцільна
$n_{p_i} < 0$	Вдосконалення устаткування з економічної точки зору недоцільна. Доцільним є придбання нового устаткування.
$n_{p_i} = 0$	Рішення про вдосконалення устаткування приймається, виходячи з конкретних виробничих обставин.

Сукупні витрати  $M_i$  на проведення вдосконалення устаткування складаються з таких окремих елементів а саме:

- матеріальні витрати (вартість сировини, матеріалів, комплектуючих виробів та енергоносіїв, які необхідні для виконання вдосконалення);
- витрати на оплату праці ( заробітна плата розробників конструкторської та технологічної документації; заробітна плата основних робітників, які виконують роботи по вдосконалення устаткування; відрахування на соціальне страхування;
- амортизація, яка нарахована на діюче устаткування, яке підлягає вдосконаленню;
- інші види витрат.

З достатньою для розрахунків точністю, яка базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина сукупних витрат  $M_i$  на вдосконалення устаткування може бути розрахована по формулі [20], грн.:

$$M_i = \Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}} \cdot K_i \quad (8.2)$$

де  $\Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}}$  – первісна (відновлена) вартість устаткування, яке підлягає вдосконаленню, грн..

$K_i$  - коефіцієнт витрат, величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає вдосконаленню. Рекомендовані величини коефіцієнтів  $K_i$  приведені в таблиці 3[20].

Вдосконалення устаткування у процесі подальшої експлуатації, як правило, вимагає більш високих експлуатаційних (поточних) витрат у порівнянні з аналогічним новим устаткуванням.

Згідно даних підприємств, де експлуатується аналогічне обладнання, первісна вартість нірко-пресу  $\Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} = 2,232$  млн. грн.

Коефіцієнт витрат на вдосконалення  $K_i$  згідно даних [20]  $K_i = 0,14$ .

Таким чином величина витрат для проведення вдосконалення пресу становить:

$$M_i = 480000 \cdot 0,14 = 312,480 \text{ тис.грн.}$$

Експлуатаційні (поточні) витрати при роботі устаткування складаються з таких витрат:

- витрати паливно-мастильних матеріалів;
- витрати на придбання та виготовлення необхідних запасних частин;
- витрати на оплату праці ремонтного персоналу;
- інші поточні експлуатаційні витрати.

З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина перевищення експлуатаційних (поточних) витрат по вдосконаленому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням  $S_{ei}$  може бути розрахована по формулі [20], грн.:

$$S_{e_i} = q_{b_i} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} - q_{b_n} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} \quad (8.3)$$

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $q_{b_i}$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат устаткування, яке підлягає вдосконаленню;

$q_{b_n}$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат аналогічного нового устаткування;

$\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}}$  – первісна вартість нового (аналогічного) устаткування, грн..

Таким чином розраховуємо величину перевищення поточних витрат по вдосконаленому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням:

$$S_{e_i} = 0,04 \cdot 2232000 - 0,03 \cdot 1842000 = 34020 \text{ грн.}$$

Примітка: Згідно даних, які вміщують інтернет-відомості вартість нового аналогічного устаткування складає  $\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 1,842 \text{ млн. грн.}$

Коефіцієнт співвідношення продуктивності вдосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування  $\alpha$  розраховується по формулі[20]:

$$\alpha = \frac{P_i}{P_{\text{нов}}}, (8.4)$$

де  $P_i$  – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу устаткування, яке підлягає вдосконаленню. Приймаємо продуктивність застарілого устаткування  $P_i = 11935 \text{ кг/год.}$

$P_{\text{нов}}$  – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу аналогічного нового устаткування. Приймаємо продуктивність нового устаткування  $P_{\text{нов}} = 11935 \text{ кг/год.}$

$$\alpha = \frac{11935}{11935} = 1$$

Коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу вдосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування  $\beta$

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



розраховується  
формулі[20]:

по

$$\beta = \frac{T_{\text{мод}}}{T_{\text{нов}}}, \quad (8.5)$$

де  $T_{\text{мод}}$  – тривалість ремонтного циклу устаткування, яке підлягає вдосконаленню, років.

$T_{\text{нов}}$  – тривалість ремонтного циклу аналогічного нового устаткування, років.

Тривалість ремонтного циклу устаткування – це період часу між двома капітальними ремонтами устаткування, або тривалість часу між придбанням устаткування та першим капітальним ремонтом. В якості показників ремонтного циклу можуть також використовуватися показники виробітку продукції між двома капітальними ремонтами устаткування та інші аналогічні показники .

Згідно даних [20] коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу:

$$\beta = 0,9$$

Підставляючи всі знайдені величини у формулу (8.1), необхідно отримати величину коефіцієнта ефективності витрат  $n_{pi}$ , розрахункова величина якого дає нам змогу зробити висновки щодо доцільності проведення вдосконалення обраного в дипломному проекті устаткування.

$$n_{pi} = 1 - \frac{312480 + 34020}{2320000 \cdot 1 \cdot 0,9 + 23000} = 0,84 \quad (8.6)$$

Тобто розраховане значення  $n_{pi} > 0$ , а це значить, що вдосконалення першого пресу КРМ є економічно доцільно.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновок

В даному дипломному проєкті освітньо – кваліфікаційного рівня "спеціаліст" розроблена модернізована конструкція поворотного преса картоноробної машини з жолобчатим валом та поліуретановим покриттям, що дозволяє збільшити лінійний тиск між валами і зневоднення картонного полотна та зменшити кількість обривів.

Виконано аналіз патентних і літературних джерел та вибрано аналоги. Показано, що модернізована конструкція преса патентоспроможна.

Забезпечені основні вимоги охорони праці:

- рівень шуму не перевищує 65 дБА;
- рівні вібрації на частоті  $f = 4$  Гц не більше 90 дБ;
- освітленість приміщення становить 224 лк.

Виконані технологічні і гідравлічні розрахунки преса де встановлено кількість видаленої вологи, кінцеву сухість картонного полотна.

Виконані розрахунки на міцність і жорсткість пресових валів, привідної цапфи. Пресові вали витримують навантаження, що виникають при роботі і відповідають умовам міцності та жорсткості.

Вибрані підшипники для пресових валів та розрахована сумарна потужність приводу преса, яка складає 241 кВт.

Дані рекомендації щодо монтажу і експлуатації поворотного преса.

Коефіцієнт доцільності модернізації устаткування дорівнює 0.84, який показує, що дана модифікація є економічно вигідною.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вывод

В данном дипломном проекте образовательно - квалификационного уровня "бакалавр" разработана модернизированная конструкция первого пресса картоноделательной машины с жолобчастим валом, что позволяет увеличить линейное давление между валами и обезвоживания картонного полотна и уменьшить количество его обрывов.

Выполнен анализ патентных и литературных источников и выбрано аналоги. Показано, что модернизированная конструкция пресса патентоспособная.

Обеспечены основные требования охраны труда:

- Уровень шума не превышает 65 дБА;
- Уровни вибрации на частоте  $f = 4$  Гц не более 90 дБ;
- Освещенность помещения составляет 224 лк.

Выполнены технологические и гидравлические расчеты пресса где установлено количество удаленной влаги, конечную сухость картонного полотна.

Выполнены расчеты на прочность и жесткость прессовых валов, приводной цапфы. Прессовые валы выдерживают нагрузки, возникающие при работе и отвечают условиям прочности и жесткости.

Избранные подшипники для прессовых валов и рассчитана суммарная мощность привода пресса, которая составляет 241 кВт.

Даны рекомендации по монтажу и эксплуатации первого пресса.

Коэффициент целесообразности модификации оборудования равен 0.84, который показывает, что данная модификация есть экономично выгодной.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Fazit

In diesem Diplomprojekt des Bildungs- und Qualifikationsniveaus "Spezialist" wird eine modernisierte Konstruktion einer Rotationspresse einer Kartonmaschine mit einer gerillten Welle und einer Polyurethanbeschichtung entwickelt, die es ermöglicht, den linearen Druck zwischen den Wellen und die Entwässerung der Kartonbahn zu erhöhen und die Anzahl der Brüche zu verringern.

Die Analyse von Patent- und Literaturquellen wurde durchgeführt und Analoga wurden ausgewählt. Es wird gezeigt, dass das modernisierte Pressendesign patentierbar ist.

Die grundlegenden Anforderungen des Arbeitsschutzes sind gegeben:

- Der Geräuschpegel überschreitet 65 dBA nicht.
- Vibrationspegel bei der Frequenz  $f = 4$  Hz nicht mehr als 90 dB;
- Die Raumbeleuchtung beträgt 224 Lux.

Durchführung von technologischen und hydraulischen Berechnungen der installierten Presse

die Menge an entfernter Feuchtigkeit, die ultimative Trockenheit des Papptuchs.

Die Berechnungen für die Festigkeit und Steifigkeit der Pressenwellen erfolgen über den Mitnehmerstift. Pressenwellen halten den beim Arbeiten auftretenden Beanspruchungen stand und erfüllen die Bedingungen von Festigkeit und Steifigkeit.

Ausgewählte Lager für Pressenwellen und berechnete Gesamtantriebsleistung der Presse von 241 kW.

Die Empfehlungen zur Installation und zum Betrieb der Rotationspresse werden gegeben. Der Zweckmäßigkeitskoeffizient für die Aufrüstung der Ausrüstung beträgt 0,84, was zeigt, dass diese Modifikation kostengünstig ist.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік посилань

1. Технология бумаги и картона: Учебное пособие для вузов / С. Ф. Примаков, В. А. Барбаш, А. П. Шутько. – М.: Екологія, 1996.– 304 с.
2. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т. 2. Бумагоделательные машины / В. А. Чичаев, М. Л. Глезин, В. А. Екимов и др.— М.: Лесная пром-сть, 1981.—264 с.
3. Новиков Н. Е. Прессование бумажного полотна. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 624 с.
4. Ейдлин И. Я. Бумагоделательные и отделочные машины – 3-е изд., перепаб. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1970. – 624 с.
5. Патент №1606562 (SU) МПК6 D 21 F 3/00. В.Д. Петров, А.Г. Махонін, Л.М. Блєканова. Заявл. 14.12.88; Оpubл. 15.11.90.
6. Патент № 19631405 (DE) МПК6 D 21 F 3/00. Н. Loser, К. Steiner, J. Henssler – Appl. 04.08.96; Pub. 05.02.99
7. А.с. №1476028 (SU) МПК6 D 21 F 3/00. А.Б. Коновалов, Н.Е. Новиков, А.С. Смолин и В.А. Морев Заявл. 16.06.87; Оpubл. 30.04.89. Бюл. № 32.
8. Патент № 19640158 (DE) МПК6 D 21 F 3/04. R. Wiedeburg – Appl. 28.09.96; Pub. 02.04.98
9. Патент №1606562 (SU) МПК6 D 21 F 3/00. В.Д. Петров, А.Г. Махонін, Л.М. Блєканова. Заявл. 14.12.88; Оpubл. 15.11.90.
10. А. с. № 1758129 (SU) МПК5 D 21 F 3/10. Перфорированный вал / М.Д. Лотвінов, М.Л. Глезін, Ю.В. Яковлєв – Заявл. 19.11.90; Оpubл. 30.08.92. Бюл. № 32.
11. Справочник по охране труда на промышленном предприятии / К.Н. Ткачук, Д.Ф. Иванчук, Р.В. Сабарно, А.Г. Степанов. – К.: Техника, 1991. – 285

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник / В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, В.М. Сторожук та ін.; За ред. канд. техн. наук, доцента В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.

13. Алгоритм розрахунку пресів папероробної машини. Методичні вказівки по застосуванню обчислювальної техніки при курсовому та дипломному проектуванні для студентів інженерно-хімічного факультету спеціалізації 7.090219 “Обладнання лісового комплексу” / Укладачі В.М. Марчевський, О.Л. Свєчков. – Київ : НТУУ “КПІ”, 2003. – 20 с.

14. Опір матеріалів: Підручник / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський; За ред. Г. С. Писаренка. – К.: Вища шк., 1993. – 655 с.

15. Расчет деталей и проектирование деталей машин. Учебное пособие для технических вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян.— Харьков.: Основа, 1991.— 276 с.

16. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1 – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 728 с.

17. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 3 – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 557 с.

18. Пожидков В. И. Монтаж и ремонт бумагоделательных машин – М.: Лесная промышленность, 1973. – 312 с.

20. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів хіміко-машинобудівних спеціальностей / Укладачі А.Е. Розенплентер, Т.В. Панішева, С. В. Лисенко - К.: НТУУ “КПІ”, 2005. – 32 с.

21. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі: Метод. вказівки до виконання курсової роботи (проекту) з дисципліни «Технологія машинобудування» / уклад.: С.С. Добрянський, В.К.Фролов, В.А. Ковальов. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2002. – 80 с.

22. Технологія машинобудування і технологічні основи машинобудування: Метод. рек. до практ. занять та викон. самостійної роботи

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

/ Уклад.: С.С. Добрянський, В.К. Фролов, Ю.М. Малафєєв та ін. – К.: НТУУ«КПІ», 2007. – 72 с.

23. Журавлев В. Н. Машиностроительные стали. Справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1981. – 391 с., ил.

24. Разработка технологических процессов изготовления деталей в машиностроении: учеб. пособие / В.А. Ванин, А.Н. Преображенский, В.Х. Фидаров. – Тамбов: изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 332 с.

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Додаток А**  
**Документація до патентного дослідження**

					ЛБ41.705541.001 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		